

## Visual Lisp을 이용한 측정용 마스터기어 자동설계 프로그램 개발

### Development of Automatic Design Program for Measuring Master Gear using Visual Lisp

김영남\*, 이성수\*\*

\*건국대학교 대학원 기계설계학과  
\*\*건국대학교 공과대학 기계설계학과

#### ABSTRACT

This paper is about automatic design of measuring master gears.

Master gears are usually thought of as gears of extreme accuracy level, but are better defined as gages to check the meshing action of production gears. This is usually not recognized because most mechanical gages are associated with static measurements rather than having the form of machine elements used in a functional check involving machine motion.

In this paper the interface that allows beginners to design easily and quickly is provided. The addition and modification of data is easy and the reduced design lead time is feasible with the program even though users don't know much about program since it is developed with Visual Lisp and DCL.

Key Words: master gear, checked gear,  
operating center distance

#### 1. 서론

현대의 복잡하고 다양한 생산 체제는 소비자의 요구에 기인하는 바가 크며 여기에 대처하기 위해서는 설계 및 가공공정의 획기적인 개선이 요구된다. 이러한 이유로 많은 생산현장에서 도입된 CAD 시스템은 도입 초기부터 운용효율을 극대화할 수 있는 방안을 마련하고자 많은 노력을 하고 있으나, 운용인력과 숙련된 사용자들의 절대적인 부족으로 인하여 많은 어려움을 겪고 있으며, 이로 인해 이미 도입된 시스템을 효율적으로 사용하지 못하고 있는 실정이다<sup>[1]</sup>.

일반적으로 마스터 기어는 매우 정교한 기어로 서만 생각하고 있지만, 이미 생산된 기어의 맞물림 작용을 검사하는 측정도구로서 정의되는 것이 더욱더 정확하다. 이러한 마스터 기어의 설계는 일반 기어에 비해 더욱 정확한 설계값이 요구된다.

그러므로 본 논문에서는 생산 현장에서 발생하는 상기의 문제점을 해결하고, 숙련된 기술자가 아니더라도 쉽게 마스터 기어를 설계할 수

있으며, 또한 파라메트릭 방식을 선택하여 형상의 크기 및 모양을 쉽게 변경할 수 있고, 대화상자 입력 방식으로 초보자도 용이하게 설계가 가능하도록 하는 마스터 기어 설계용 자동 설계 프로그램을 개발하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 중심거리 변화 방식의 기어 맞물림 시험 방법

중심거리 변화 방식의 기어 맞물림 시험 방법에는 일치면 치합 방식과 양치면 치합 방식이 있는데, 표준기어 검사 방법으로는 대부분 일치면 치합 방식이 사용되고 있으나, 본 논문에서는 양치면 치합 방식을 이용한 마스터기어 설계방법에 대하여 연구하고자 한다.

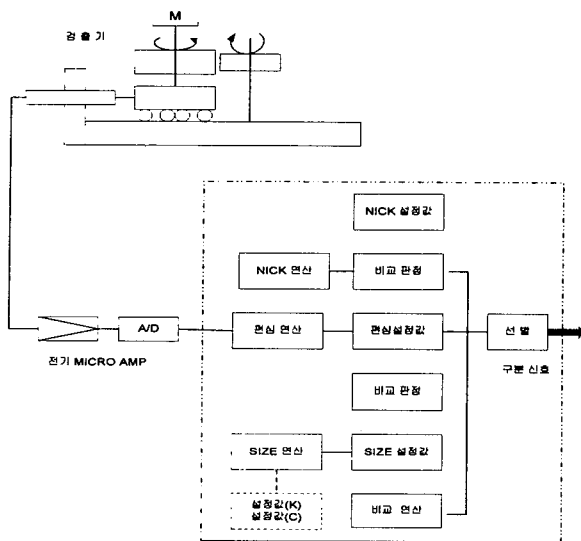


Fig 1. Flow chart of both tooth faces aggregation system

- 는 컴퓨터에 의한 계산.
- 는 option size 실시수는 표시구가 붙어있는 경우

Fig.1과 같이 양치면 맞물림에 의한 측정방법은 검사 기어의 치면과 고정밀도를 가진 마스터 기어의 치면을 백래쉬가 없는 상태로 맞물려서 검사 기어의 치간 오차를 중심거리의 변동으로 나타낸 것이다<sup>[2]</sup>.

또한, 전기 MICRO METER에 의하여 검출한 맞물림 상태를 ANALOG 선도로써 나타내면 Fig.2와 같이 나타낼 수 있으며 이와 같은 ANALOG 선도를 좁은 구간으로 잘라서 SAMPLING 하여서 계측장치에 입력하고, MASTER GEAR의 이 마다 발생하는 TIMING PULSE 신호를 사용하여 제품 기어의 품질 항목인 NICK(타흔)-RUNOUT-SIZE의 각 DATA를 구할 수 있다.

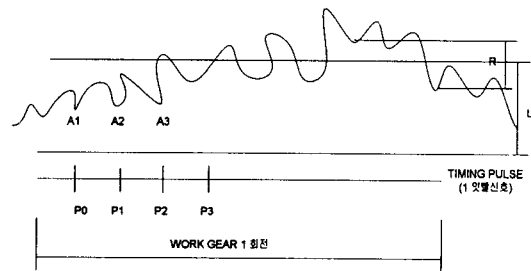


Fig. 2 Analog diagram of meshing depth analyzed by Micro Meter

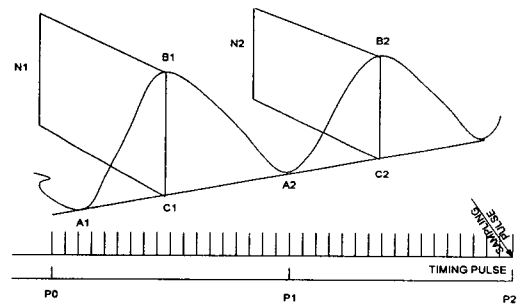


Fig. 3 Section magnification

### (1) NICK의 판정

Fig.3은 Fig.2의 구간(P0 - P1)을 확대한 것이다. SAMPLING PULSE가 발생할 때마다 전기 MICRO METER의 값을 A/D 변환에 의하여 수치화 하여, 계측장치에 입력하고, P0 - P1 구간의 최소값(A1), 최대값(B1)을 찾아낸다. 이와 같은 과정을 제품의 기어가 1 회전할 때까지 순차적으로 실시하여 최대값을 NICK(N)으로 표시하며, NICK 설정값(NS)과 비교하여  $N > NS$  일때는 NICK NG(불량)로 판정한다.

## (2) RUN OUT의 판정

전 항목에서 사용한 이 사이의 최소값 A1, A2, A3...AZ의 데이터에서 최대값  $A_{MAX}$ , 최소값  $A_{MIN}$ 을 구하여서

$$R = A_{MAX} - A_{MIN}$$

으로 RUN OUT 값을 구한다. 전 항목에서와 같이 RUN OUT 설정값(RS)과 비교하여서  $R > RS$  일때는 RUN OUT NG로 한다.

## (3) SIZE의 판정

제품 기어의 잇수를 Z으로 하고, 하나의 이 사이의 최소값 A1, A2, A3...AZ의 평균값을 SIZE 상당량(L)으로 한다.

$$L > \sum \frac{A_i}{Z}$$

을 계산하고, SIZE 상한 설정 값 SU, SIZE 하한 설정 값 SL을 비교하여,  $SL \leq L \leq SU$ 로 되면, SIZE OK로 한다.

따라서 SIZE NG의 영역은 SL보다 작을 때와 SU보다 컸을 때 두 부분이 된다.

## 2.2 마스터 기어

일반적으로 마스터 기어는 매우 정교한 기어로 서만 생각하고 있지만, 이미 생산된 기어의 맞물

림 작용을 검사하는 측정도구로서 정의되어지는 것이 더욱더 정확하다. 이런 잘못된 인식은 대부분의 기계 측정 장치들이 기계의 동작을 포함하는 기능적인 검사에 사용되는 기계요소의 하나의 형태를 가지는 것이 아니고, 정적인 측정기구들과 관련시켜서 생각하기 때문에 잘못 인식되어지고 있다<sup>[3]</sup>.

## 2.3 마스터 기어설계의 문제점

- 1) meshing depth는 맞물리는 기어의 잇수에 따라 변화된다.
- 2) meshing depth는 검사되고있는 기어의 이 두께에 따라 변화된다.
- 3) 좀더 적은 잇수를 가진 마스터 기어는 mating pinion의 tip 과 충돌하지 않을 root fillet을 가졌을지라도 검사되고 있는 기어의 root fillet 부분과 충돌 할 수도 있다.

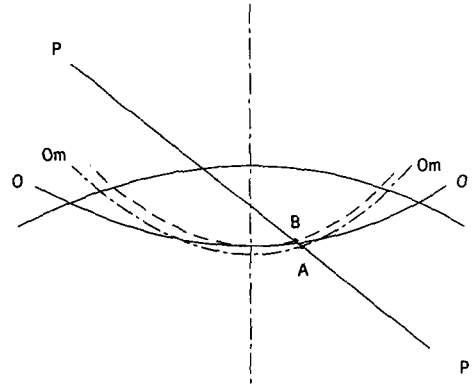


Fig. 4 Depth of contact and checking depth

Fig.4와 5는 기어의 잇수와 물림 깊이의 문제를 설명한다. 이러한 경우 검사된 기어는 외경 OO인 또 다른 기어와 잘 맞는다. A 지점은 인벌류트 기어의 운동 범위 중 가장 낮은 지점이다. 맞물리는 기어보다 더 작은 잇수를 가진 기어와 standard addendum을 가진 마스터 기어는 B지점 아래에서만 인벌류트 운동을 한다.

특수 마스터 기어는 좀더 긴 addendum과 외경  $O_m O_m$ 으로 설계 할 수 있다. 이 마스터 기어는 A점 아래로만 맞물리게될 것이다. 이러한 사항을 고려하여 외경을 계산하는 식은 다음과 같다<sup>[3]</sup>.

$$d_{mk} = \sqrt{d_{mg}^2 + (2C \sin \psi - \sqrt{d_{fw}^2 - d_{gw}^2})} \quad \text{----(1)}$$

여기서,

- $d_{mg}$  : 마스터 기어의 기초원 지름  
(base-circle diameter of master)
- $C$  : 중심거리
- $\psi$  : 정면 물림 압력각
- $d_{wf}$  : 검사기어의 관리지름
- $d_{wg}$  : 검사기어의 기초원 지름

#### 2.4 문제에 대한 해결

Fig.5에서는 Root fillet과 충돌하는 마스터기어의 문제가 어떻게 해결되는지를 보여주고 있다.

이 경우 검사 기어의 관리지름은  $d_{wf}$ 이다. A 지점으로 내려보내기 위해 충분한 바깥지름을 가진 일반적인 마스터기어의 바깥지름은  $d_{mk}$ 이다. 이 외경은 검사 기어의  $d_{wr}$ (치저원 지름)과 충돌한다. 이러한 충돌은 검사기어를 정확하게 만들기 위해서 절대적으로 일어나서는 안된다. 이에 대한 해답은 좀더 작은 operating- pressure angle  $\psi_2$ 을 가진 특수 마스터 기어에 있다. 이 마스터 기어는 외경과 B 지점에서 인벌류트 작용을 한다. B지점이 원  $d_{wr}$  위에 있기 때문에 이 마스터 기어는 그것이 필요로 하는 깊이만 맞물린다. 이렇게 대체되는 맞물림의 양에 의해 치저 원경이 명확히 설정되고, 이것은 또한 Root fillet과의 충돌을 없앨 수 있다.

특수 마스터 기어는 thin-tooth masters라고 하는 작은 압력각에서 만들어지는데 그 이유는 정면 물림 압력각이 피치선에서 thin teeth를 생

성하므로써 얻어지기 때문이다<sup>[3]</sup>.

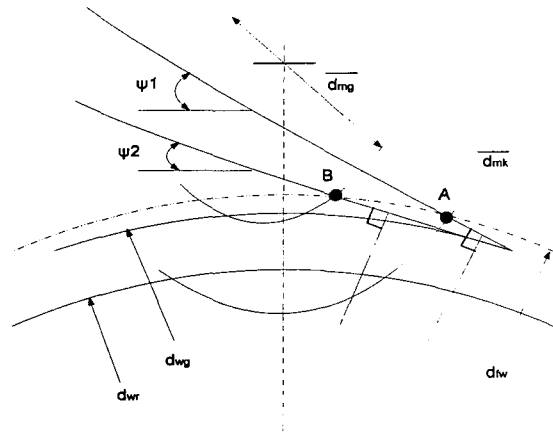


Fig.5 Geometry of low pressure angle master gear

#### 2.5 시스템 구성

Fig.6은 프로그램 구성도를 나타낸 것이다. 시스템으로서 Auto CAD2000을 사용하였고, 마스터 기어 프로그램을 loading하는 파일과 메뉴를 정의하는 파일이 있다. 각각 Visual Lisp, DCL은 CAD상에서 가동되어 메인 메뉴(풀다운 메뉴)에서 사용할 수 있다.

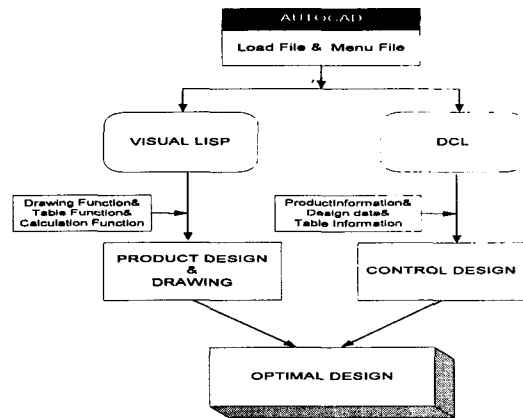


Fig.6 Program structure of master gear design system

## 2.6 마스터 기어 설계

Fig.7은 마스터 기어와 검사기어의 맞물림의 관계를 보여주고 있다.

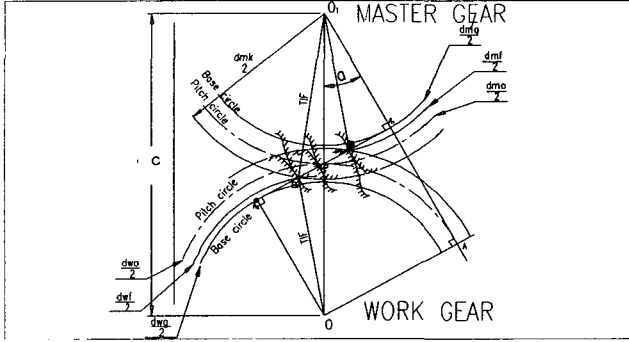


Fig. 7 Master gear and checking gear of meshing

### (1) 중심거리 계산식<sup>[3][4][5]</sup>

마스터 기어의 외경  $d_{mk}$ 에서

$$\begin{aligned} d_{mk}^2 &= d_{mg}^2 + (2C \sin \psi - \sqrt{d_{wf}^2 - d_{wg}^2})^2 \\ d_{mk}^2 - d_{mg}^2 &= 2C \sin \psi - \sqrt{d_{wf}^2 - d_{wg}^2} \\ C &= \frac{d_{mk}^2 - d_{mg}^2 + \sqrt{d_{wf}^2 - d_{wg}^2}}{2 \sin \psi} \end{aligned} \quad \text{----(2)}$$

### (2) 마스터 기어의 관리지름 계산식<sup>[3][4]</sup>

$$\begin{aligned} O_1B_1 &= \frac{d_{mf}}{2} \\ \left(\frac{O_1B_1}{2}\right) &= \left(\frac{O_1A_1}{2}\right) + A_1B_1 \\ &= O_1A_1 + (A_1A_2 - B_1A_2)^2 \end{aligned} \quad \text{----(3)}$$

여기서

$$\begin{aligned} O_1A_1 &= \frac{d_{mg}}{2} \quad (\text{마스터기어의기초지름}) \\ A_1A_2 &= AO_2 = C \sin \psi \\ B_1A_2^2 &= O_2B_1^2 - O_2A_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} O_2B_1 &= \text{검사기어의 바깥지름의 반} = \frac{d_{wk}}{2} \\ O_2A_2 &= \text{검사기어의 기초지름의 반} = \frac{d_{wg}}{2} \end{aligned} \quad \text{----(4)}$$

따라서,

$$\begin{aligned} \left(\frac{d_{mf}}{2}\right)^2 &= \left(\frac{d_{mg}}{2}\right)^2 + \left\{C \sin \psi - \sqrt{\left(\frac{d_{mk}}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_{wg}}{2}\right)^2}\right\}^2 \\ d_{mf} &= \sqrt{d_{mg}^2 + (2C \sin \psi - \sqrt{d_{wk}^2 - d_{wg}^2})^2} \end{aligned} \quad \text{----(5)}$$

## 2.6 프로그램 예제

그림.8은 AutoCad 초기화면에서의 풀다운 메뉴를 사용해서 프로그램을 실행한 것이다.

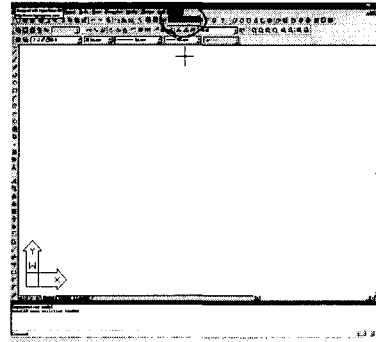


Fig. 8 Example for program (I)

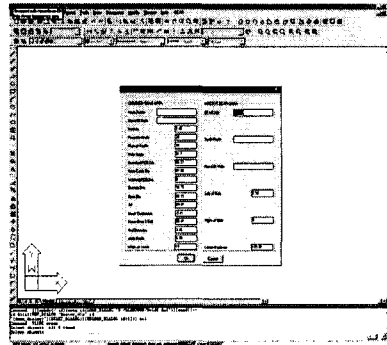


Fig. 9 Dialog box for input information to design master gear(II)

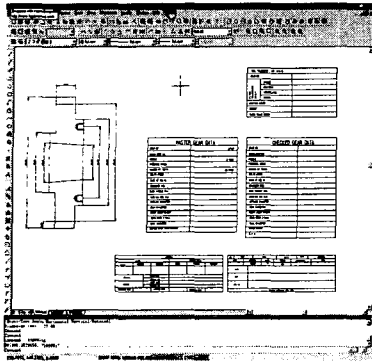


Fig. 10 Drawing of master gear and block table(III)

프로그램이 실행되면 Fig.9에서 보는 것과 같이 대화 상자가 나타나서 마스터 기어를 설계하기 위한 검사 기어의 각각의 입력값들을 사용자가 입력한다. Fig.10은 프로그램이 실행되어 마스터 기어의 2차원 도면과 테이블이 생성된 것을 보여 주고 있다.

### 2.7 추후 과제

마스터 기어는 특수한 목적을 가진, 즉 일반 기어의 치형을 검사하는 검사용 치공구 이다. 기어는 정적인 상태가 아닌 동적인 상태에서 힘과 동력을 전달하므로 서로의 이 사이의 간섭이 심하게 일어난다. 중심거리가 고정되어 있는 상태가 아닌 유동적인 상태에서는 백래쉬 또한 유동적이므로 이를 제어하는 설계값이 정확히 계산되었을 때, 더욱 정밀한 마스터기어를 제작할 수 있다<sup>[3]</sup>.

## 3. 결론

본 연구에 의해 개발된 마스터기어 자동 설계 프로그램으로부터 다음과 같은 결론을 얻었

다.

- 1) 산업 현장에서 많이 사용되는 범용 Auto CAD를 사용하므로 따로 시스템을 구입 할 필요가 없으며, GUI를 이용한 대화형식으로 초보자라도 쉽게 사용 할 수 있도록 하였다.
- 2) 파라메트릭 설계 방식이므로 주어진 치수의 입력으로 형상의 크기 및 모양을 바꿀 수 있다.
- 3) 프로그램에 대한 깊은 지식이 없어도 데이터 추가 및 수정을 용이하게 하기 위해서 Visual LISP을 기반으로 프로그램을 작성하였다.

## 참고 문헌

- [1] 김찬우, AutoCad를 이용한 기계·금형설계 자동화, 도서출판 청호, 1995.
- [2] 오사카 정밀기계 취급 설명서.
- [3] Dudley. D. W., Gear Handbook, McGraw Hill, pp.23-42 ~ 23-45, 1962.
- [4] 일본기계학회, The Great Encyclopedia of Mechanical Engineering I, pp. B1-108 ~ B1-120, 한국사전연구소, 1997.
- [5] Chironis, GEAR DESIGN AND APPLICATION, McGraw Hill, pp. 183 ~ 185, 1967.
- [6] 손제호, Visual Lisp, 도서출판 청호, 2000.
- [7] 김갑연, AutoLisp +  $\alpha$ , 도서출판 탐구원, 1998.
- [8] 이태홍, 이성수, Auto Cad를 이용한 사출금형 자동설계의 개발에 관한 연구, 한국공작기계학회 춘계 학술대회 논문집, pp. 397 ~ 402, 2000.