

Cam의 CAD/CAM

CAD/CAM system for Cam

金 基 大*
Ki Dae KIM

Summary

Cam plays very important roles due to continuous requirement for the high-speed and automation of the machinery. A large number of studies of cam curve were carried out by many researchers, and CNC milling and machining center for manufacturing cam have been widely used recently.

The purpose of this study was to develop a CAD/CAM system for cam using QuickBasic language in 16-bit PC for application of cam design and manufacturing.

Results obtained were as follows :

1. It was possible to input data by entering cam angle and its corresponding R, from 0 to 360 deg. of cam angle. The tediousness at entering data was minimized because of the same data format for both cylindrical cam and disc cam, and free format used for data file.
2. It was possible to design cam by choosing only the number of cam curve because of developing the CAD/CAM program with dimensionless method of cam curves including widely used 19 kinds. After selecting the number of the cam curve, the CAD/CAM system automatically shows the characteristics of cam motion enough to help a designer to decide : displacement, velocity, acceleration and jerk.
3. It was possible to execute, in an efficient way, both the cam profile synthesis and the generation of NC program for CNC machining center by using the input data.
4. This NC program generated by the CAD/CAM system developed here, was evaluated as positive in relation with actual manufacturing experiments and thought to be useful in its application without any modification.

It can be said that this CAD/CAM system could be used by the beginners to design and manufacture the cam automatically as the system consists of very simple dialogue methods. In addition, self-developed QuickBasic would be used as a basic tool for further studies in this area of research, together with application.

* 忠南大學校 農業機械工學科

I. 緒 論

Cam은 내연기관의 밸브 작동 기구에서와 같이 구동 Link 와 종동 Link로 이루어진 직접 접촉 Mechanism으로, 원하는 운동을 쉽게 얻을 수 있어 기계의 자동화가 이루어진 초기부터 널리 이용되어 오고 있다. 농업용 내연기관을 비롯하여 수도이양기, 파종기, 농산기계 및 시설, 식품가공기계등에 저속회전용 또는 고속회전용 Cam이 널리 사용되고있다. 이러한 Cam의 합리적인 설계 및 제작에 사용할 간단한 CAD/CAM Program이 필요하다.

기계공학의 발전과 함께 기계의 고속화가 이루어지면서 이용목적에 맞는 Cam 곡선의 설계를 위해 단순 SHM에서 Cycloid 곡선, 8 차 방정식 곡선등 다양하게 연구되어 실용화 되어 왔다.

이용하는 Cam의 종류도 단순 원판 Cam(Disk Cam)에서 원통 Cam(Cylindrical Cam) 등이 있으며, 최근의 공장 자동화에 필수적으로 사용되어 지는 간헐기구로서의 Index cam의 기여는 매우 괄목할 만하다.

한편 Cam의 제작에 사용되는 공작기계로는 NC 또는 CNC의 Milling 또는 Machining center 등이 사용되는 데, 원판 Cam의 경우는 $2\frac{1}{2}$ 축 또는 3 축 제어가 필요하여 원통 Cam에는 최소한 4 축 제어가 필요하다. 이러한 공작 기계들은 급속히 보급 되어 많이 활용 되고 있다.

CNC 기계들로 Cam을 가공하기 위하여는 주어진 조건으로부터 Cam의 곡선을 선정하고 가공용 NC program 을 필요로 하는데, 이를 위한 CAD/CAM System 은 주로 외국에서 개발된 것을 하드웨어 및 소프트웨어 까지 수입하여 사용하는 실정으로 구입가격이 고가이다.

그러므로 본 연구에서는 원판 Cam 과 원통 Cam 의 설계로부터 제작의 자동화를 위한 CAD/CAM System 을 개발 하는 것을 목적으로 하였으며, 보다 구체적인 연구 목적은 다음과 같다.

1) 국내에 가장 많이 보급된 IBM PC 를 이용하여 Cam 의 CAD/CAM 을 개발한다.

2) 개발된 Cam 의 CAD System 으로 Cam 을 설계하고 4축제어 CNC Machining Center 용 NC program 을 생성한다.

3) 생성된 NC program 을 On-line 으로 CNC Machining Center 의 콘트롤러 에 전송을 위한 Interface 을 구성하여 전송한다.

4) NC program 으로 Cam 을 가공하여 문제점을 보완한다.

II. Cam 곡선의 무차원화와 Universal Cam 곡선

Cam 곡선은 Cam에 의해 구동되는 종동절(follower)의 운동곡선(Motion curve)를 말하며 기구의 이용목적에 맞고, 가능한 단시간에, 원활하게, 진동의 발생이 적으며, 가능한 적은 동력으로 종동절을 구동하는 것이 필요하다. 이러한 목적으로 여러가지 운동곡선이 개발되어 있으며 간단히 요약하면 다음과 같다.

시간 t 가 0에서 $t_h[s]$ 시간내 Cam 이 0 에서 θ_h [rad]까지 회전하여 그 동안 종동절 변위가 $s=0$ 에서 $s=h[mm]$ 까지 움직인다. 한편 Cam 의 회전 각도 $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$ 는 원동기인 motor 등을 이용하므로 일정한 것으로 한다.

종동절 변위(s), 속도(v), 가속도(a)는 시간 t 의 함수로 다음 식들로 정의된다.

$$s = s(t) \quad [mm] \dots\dots\dots (1)$$

$$v = \frac{ds}{dt} \quad [mm/s] \dots\dots\dots (2)$$

$$a = \frac{dv}{dt} \quad [mm/s^2] \dots\dots\dots (3)$$

한편 시간에 대한 가속도의 도함수를 저어크(Jerk) 또는 Pulse라 하는데 종동절의 충격특성의 척도가되며 다음식으로 구한다.

$$j = \frac{da}{dt} = \frac{d^3s}{dt^3} \quad [mm/s^3] \dots\dots\dots (4)$$

무한대로 큰 저어크는 종동계에 진동을 일으키고 캠의 수명에 영향을 주는 것으로 경험상 알려져 있어 Cam의 설계에 중요한 값이 된다.

이상의 값들은 유차원 값들이다.

여기서 여러가지 종류의 Cam 곡선에 대한 CAD/CAM의 Program 개발을 효율적으로 수행키 위하여는 무차원 값으로 정의 하는 것이 바람직하다. 만약 무차원 시간 T, 무차원 변위 S 라 하면 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$T = \frac{t}{t_h} = \frac{\theta}{\theta_h} \dots\dots\dots (5)$$

$$S = \frac{s}{h} \dots\dots\dots (6)$$

이렇게 무차원화하면 시점이 0, 종점이 1 인 경우의 시간 T, 변위 S 를 의미하며 식 (1)~(4)는 다음과 같이 Cam 곡선의 무차원화가 가능하다.

$$S = S(T) \dots\dots\dots (7)$$

$$V = \frac{dS}{dT} \dots\dots\dots (8)$$

$$A = \frac{dV}{dT} = \frac{d^2S}{dT^2} \dots\dots\dots (9)$$

$$J = \frac{dA}{dT} = \frac{d^3S}{dT^3} \dots\dots\dots (10)$$

이상에서 V는 무차원 속도, A는 무차원 가속도, J는 무차원 저어크라 한다. 한편 무차원의 값과 유차원의 값은 다음과 같은 관계가 있다.

$$s = h \cdot S \dots\dots\dots (11)$$

$$v = \frac{h}{t_h} \cdot V \dots\dots\dots (12)$$

$$a = \frac{h}{t_h^2} \cdot A \dots\dots\dots (13)$$

$$j = \frac{h}{t_h^3} \cdot J \dots\dots\dots (14)$$

한편 Cam의 설계에서는 속도, 가속도의 최대치가 중요하므로 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$v_{max} = \frac{h}{t_h} \cdot V_{max} \dots\dots\dots (15)$$

$$a_{max} = \frac{h}{t_h^2} \cdot A_{max} \dots\dots\dots (16)$$

Cam의 설계에서는 관성 Torque(Q)가 중요하며 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$Q = V \times A \dots\dots\dots (17)$$

이상의 식들에서 V_{max} , A_{max} , J_{max} , Q_{max} 등 무차원 최대값들은 Cam 곡선의 특성치라고 하며 다음과 같이 Cam곡선의 선정에 기준으로 사용된다.

- ① 속도 V, 가속도 A가 연속일 것
- ② 저속, 중부하에서는 V_{max} , Q_{max} 이 적을 것
- ③ 고속, 경하중에서는 A_{max} , J_{max} 이 적을 것
- ④ 정지할때의 정도가 요구되는 경우, 즉 잔류진동이 문제가 되는 경우는 가속 구간보다 감속 구간이 길게한 비대칭 곡선을 선정할 것
- ⑤ 끝부분에 중동질이 완전히 정지하지 않고 즉시 되돌아 오는 운동을 요구할 때 편측 정지형(one dwell type)을 선정할 것
- ⑥ 중간에 등속도를 요구하거나, Cam 직경을 적게 해야할 경우는 변형 등속도계형을 선정할 것
- ⑦ 가속도를 적게할 필요가 있을 경우는 사다리꼴형을 선정할 것
- ⑧ 아무런 제약이 없을 경우에는 수정 조화운동 곡선을 선정할 것

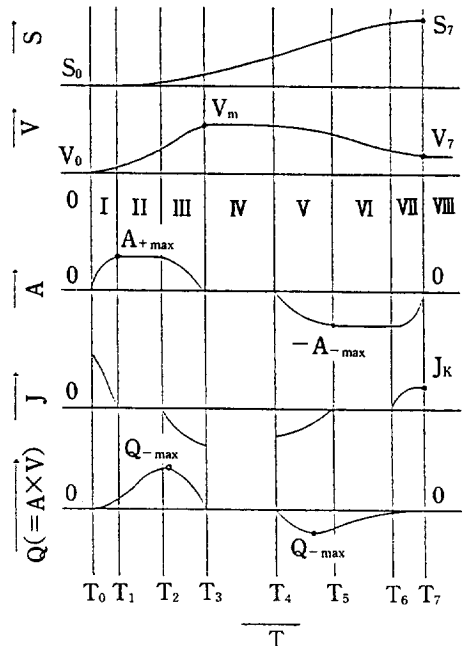


Fig. 1 Generalized motion characteristics

다음으로, 여러가지 Cam 곡선들을 CAD화 하기 위하여는 일반화한 Universal Cam 곡선으로 나타내는 것이 편리하며, 그림 1 과 같다.

그림에서 가속도 a 는 다음식으로 주어진다.

① 구간 I ($t_0 \leq t < t_1$)

$$a = a_{+max} \cdot \sin \frac{\pi(t-t_0)}{2(t_1-t_0)}$$

② 구간 II ($t_1 \leq t \leq t_2$)

$$a = a_{+max}$$

③ 구간 III ($t_2 < t < t_3$)

$$a = a_{+max} \cdot \cos \frac{\pi(t-t_2)}{2(t_3-t_2)}$$

④ 구간 IV ($t_3 \leq t \leq t_4$)

$$a = 0$$

⑤ 구간 V ($t_4 < t < t_5$)

$$a = -a_{-max} \cdot \sin \frac{\pi(t-t_4)}{2(t_5-t_4)}$$

⑥ 구간 VI ($t_5 \leq t \leq t_6$)

$$a = -a_{-max}$$

⑦ 구간 VII ($t_6 < t < t_7$)

$$a = -a_{-max} \cdot \cos \frac{\pi(t-t_6)}{2(t_7-t_6)}$$

..... (18)

여기서 a_{+max} 은 가속도의 + 값의 최대치를 나타내며 a_{-max} 는 - 값의 최대치이다.

위의 식 (18)의 a를 순차적분한 것을 v, s 라 하고 경계점에서 연속이 되도록 하여 $t=t_0$ (초기치)에서 $v=v_0, s=s_0$ 또한 $t=t_7$ (최종치)에서 $v=v_7, s=s_7$ 로 놓으면 다음의 관계식을 얻는다.

$$v_7 - v_0 = -a_{-max}(c_7 + c_6 + c_5) + a_{+max}(c_3 + c_2 + c_1)$$

$$s_7 - s_0 = a_{-max} \{-c_7^2 - 0.5 c_6^2 - c_5 - c_6(t_7 - t_6) - c_5(t_7 - t_4)\} + a_{+max} \{c_3^2 + 0.5 c_2^2 - c_1^2 + c_3(t_7 - t_3) + c_2(t_7 - t_2) + c_1(t_7 - t_0)\} + v_0(t_7 - t_0)$$

여기서

$$c_1 = \frac{2(t_1 - t_0)}{\pi}$$

$$c_2 = t_2 - t_1$$

$$c_3 = \frac{2(t_3 - t_2)}{\pi}$$

$$c_4 = t_4 - t_3$$

$$c_5 = \frac{2(t_5 - t_4)}{\pi}$$

$$c_6 = t_6 - t_5$$

$$c_7 = \frac{2(t_7 - t_6)}{\pi}$$

..... (20)

그러므로 $t_0 \sim t_7$ 및 v_0, v_7, s_0, s_7 계 전부 12개의 Parameter 들이 주어지면 식 (19)의 연립방정식의 해를 구하여 a_{+max}, a_{-max} 이 구하여지고 이를 각구간에 대입하여 각 구간의 s, v, j 등이 구하여진다.

그러나 Cam 곡선의 무차원화를 하면 다음의 식 (21)과 같이 6개의 Parameter 들은 고정이 되므로 입력요소는 $T_1 \sim T_6$ 의 6개로 줄어든다.

$$T_0 = 0$$

$$T_7 = 1$$

$$V_0 = 0$$

$$V_7 = 0$$

$$S_0 = 0$$

$$S_7 = 1$$

..... (21)

그러므로 Universal Cam 곡선의 $T_1 \sim T_6$ 의 값들만 입력하면 되나 실제 많이 사용되는 SHM, Cycloid 등과 같은 표준곡선은 이들값이 표 1 과 같이 결정 되어진 것들 이므로 이들은 Program 화하면 Cam 의 설계자로서는 필요로 하는 곡선을 선정만 하는 것으로 임의의 특성을 갖는 Cam 곡선을 자유로 설계할 수 있다. 본 연구에서는 표 1과 같이 19 종류의 Cam 곡선에 대한 CAD/CAM을 개발하였다.

Table 1. Parameters for un versal curves

Curve Name	T1	T2	T3	T4	T5	T6
parabolic	0	0.5	0.5	0.5	0.5	1
simple harmonic	0	0	0.5	0.5	1	1
cycloidal	0.25	0.25	0.5	0.5	0.75	0.75
modified trapezoid	0.125	0.375	0.5	0.5	0.625	0.875
modified sine	0.15	0.125	0.5	0.5	0.875	0.875
modified cont. velocity	0.0625	0.0625	0.25	0.75	0.9375	0.9375
asymmetrical cycloidal	0.2	0.2	0.4	0.4	0.7	0.7
asymmetrical mo. trap.	0.1	0.3	0.4	0.4	0.53	0.85
trapezoid	0.125	A* ¹⁾	A+0.125	A+0.125	A+0.25	A+0.25
one-dwell cycloidal m=1	0.25	0.25	0.5	0.5	1	1
one-dwell cycloidal m=2/3	0.2	0.2	0.4	0.4	1	1
one-dwell mod. trap. m=1	0.125	B* ²⁾	B+0.125	B+0.125	B+0.25	1
one-dwell mod. trap.	0.125	0.375	0.5	0.5	0.625	1
one-dwell mod. trap. m=2/3	0.125	C* ³⁾	C+0.125	C+0.125	C+5/24	1
one-dwell mod. trap	0.125	0.125	0.5	0.5	1	1
one-dwell trap.	0.125	D* ⁴⁾	D+0.125	D+0.125	1	1
no-dwell mod. trap.	0	0.25	0.5	0.5	0.75	1
no-dwell mod. conts. V	0	0	0.25	0.75	1	1
NC 2 curve	0	0.25	1/3	1/3	5/6	5/6

* 1) $A = (1.25 + 0.125\mu) / (\mu)$

* 2) $B = 7/16 - 0.125/\mu$

* 3) $C = 0.6 \times < 1 - 7/(18\mu) > - 5/24$

* 4) $D = (10 + \mu) / 16 + 18\mu$

III. 시스템의 하드웨어

그림 2 는 본 연구에서 이용한 Cam 가공을 위한 CAD/CAM의 하드웨어 구성을 나타내며, Personal computer 를 중심으로, 입력장치로는 Key board 만을 사용하였고, 출력장치로는 Vi-

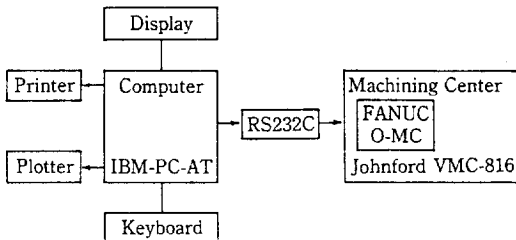


Fig. 2 Hardware of the CAD/CAM System for Cam

deo Display, Printer, Plotter 를 사용하였다. 한편 Machining Center 는 Johnford VMC-816 으로, 그 CNC 컨트롤러는 FANUC 0-MC 를 사용하였다.

1. 사용 Computer와 주변장치

본 연구에서 사용한 Personal computer 와 주변장치의 주요 사양은 표 2와 같다.

2. CNC Machining Center

표 3 은 본 연구에서 사용한 Machining Center 의 주요 제원을 나타내었다.

Table 2. Specification of the personal computer used and the peripheral devices

Computer	Model	IBM/PC-AT
	CPU	i80286
	clock time (MHZ)	16
	hard disk (MB)	40
	VGA	256kB
	serial port	2
	parallel port	1
	FDD	2
	keyboard	101key
video display	model	CT4581 (D)
	color	16
	resolution	1204×768
printer	model	LQ-550H
	printing Method	impact dot matrix
	no. of pin at printing hed	24
plotter	model	DXY-1200
	no. of pen	8

Table 3. Specification of the CNC Machining Center

model	Jonhford VMC-816	
ranges of traverse		
	X (longitudinal, mm)	900
	Y (transverse, mm)	600
	Z (Vertical, mm)	570
CNC control unit	model	FANUC OM-C
	CRT/MDI	9" Color/full key
	operating key	53
	speed control unit	Sine wave PWM
	TV monitor size(L)	9
	relay output	7
	part program storage & Editing	DATA IN/OUT FLOPPY disk tape storage : 120 m no. of registerable program : 63
	machining interface(D ₁ /D ₀)	80/56
ATC	no. of tools	16
	max. tool diameter(mm)	100
CNC rotary tavle	model	CNC-200R
	table diameter(mm)	200
	center Height in vertical(mm)	135
	table Height in Horizontal(mm)	165
	min. Indexing unit(deg)	0.001
	max. r.p.m.	22.2

IV. 시스템의 소프트웨어

1. 시스템의 설계기준

보다 실용적인 Cam 의 CAD/CAM 시스템을 설계하고 그 소프트웨어를 개발하기 위하여 다음과 같은 기준으로 설계하였다.

- ① 현재 국내에서 가장 많이 보급되어 있는 IBM PC 를 이용한다.
- ② 프로그램 개발에는 QuickBASIC 언어를 사용하고 최소한의 기계어를 사용한다.
- ③ 원판 Cam 과 원통 Cam 의 Data format 를 같게하여 Data 입력의 부담을 적게 하였다.
- ④ Data 입력 부분에 Cam 부분과 Cam 곡선의 종류 선택을 분리하여 입력된 Data 로 여러

종류의 Cam 곡선 선정을 반복할 수 있게 한다.

- ⑤ 사용자의 편리를 위해 대화식으로 한다.

2. 시스템의 개요

그림 3은 본 연구에서 개발한 Cam 용 CAD/CAM 시스템의 전체적 흐름도를 나타낸다. 그림에서와 같이 Cam 용 CAD/CAM system의 Start를 하면 초기화를 실시한 후, 모드 선택을 한다. 주요 기능별 모드로는 Cam의 Data 입력 Mode, Cam 곡선의 선정 Mode, Cam의 종류 선정 및 NC program 생성 mode 및 CNC Milling으로의 NC program Data 전송 Mode 등이 있으며, ON-line 전송하여 CNC-Milling에서 Cam의 가공을 할 수 있게한다.

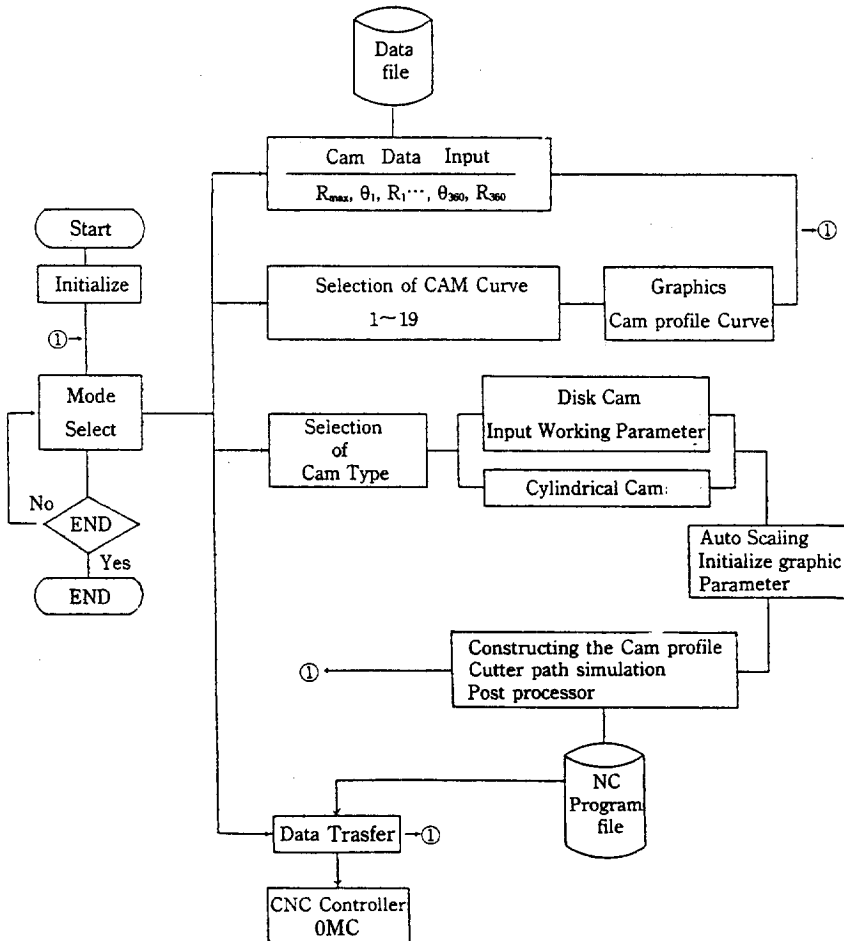


Fig. 3 Flowchart for the CAD/CAM system for Cam.

DATA FOR CAM AS FOLLOWS

0 , 100	1 : START :	0.00 deg.	100.000 mm
30 , 100	2 : DWELL :	30.00 deg.	100.000 mm
60 , 80	3 : FALL :	60.00 deg.	80.000 mm
90 , 80	4 : DWELL :	90.00 deg.	80.000 mm
120 , 60	5 : fall :	120.00 deg.	60.000 mm
150 , 60	6 : DWELL :	150.00 deg.	60.000 mm
180 , 40	7 : FALL :	180.00 deg.	40.000 mm
210 , 40	8 : DWELL :	210.00 deg.	40.000 mm
240 , 60	9 : RISE :	240.00 deg.	60.000 mm
270 , 60	10 : DWELL :	270.00 deg.	60.000 mm
300 , 80	11 : RISE :	300.00 deg.	80.000 mm
330 , 80	12 : DWELL :	330.00 deg.	80.000 mm
360 , 100	13 : RISE :	360.00 deg.	100.000 mm
	YES/CHANGE [Y/C, Y] ?		
(a)		(b)	

Fig. 4 Data file format for Cam (a) and verification of input data (b)

각 Mode는 각각 입력된 Data를 유지하도록 하여 한번 입력한 Cam Data로 여러종류의 Cam 곡선을 반복 선택할 수 있고 Cam의 종류도 원통 Cam의 NC program을 생성한 후 원판 Cam의 NC program도 Data를 다시 입력하지 않고 즉시 생성할 수 있게 program 하였다. 다음에 주요내용을 보다 구체적으로 설명한다.

1) Cam의 Data 입력

Cam의 Data로는 회전각 θ 에 따른 R의 값으로 나타내며 Key 입력 방법과 File 입력 방법을 사용한다. Data file의 Format를 그림 4-a와 같이 Free format로 하여 사용이 편리 하도록 하였으며 앞의 숫자가 회전각 θ 를, 뒷의 숫자가 그때의 R값을 나타낸다. 그러므로 0°에서는 최대 반경 100mm를, 30°까지는 같은 반경 100mm 이므로 Dwell을 나타내었고 60°에서 반경 80mm로 되었으므로 30°에서 60°간은 Fall을 의미한다. 360°에서는 다시 원점인 반경 100mm로 되었다.

위와 같이 입력된 Data를 반드시 0°에서 360°까지의 회전각에 따른 반경만을 입력하면 되며 그림 4-b 와 같이 <DWELL>,<RISE>,<FALL>로

구분하여 화면에 출력시켜 설계자의 편의를 도모 하였다. Key 입력된 Data와 수정을 가한 File 입력 Data를 File로 Save 되도록 하였다.

2) Cam 곡선의 선정

표 1에 제시된 19 종류의 곡선의 종류가 Cam 화면에 출력되어 설계자는 Cam 곡선을 번호로 선정하도록 하였으며, 선정된 Curve에 대한 시간-변위(S), 시간-속도(V), 시간-가속도(A) 및 시간-저어크(Q) Graph를 그림 5와 같은 화

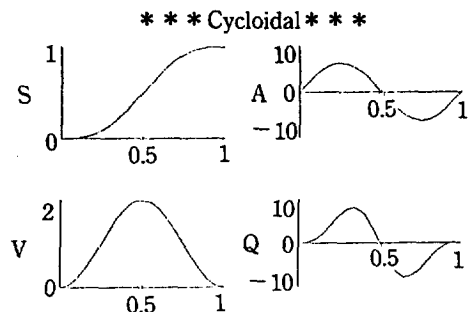


Fig. 5 Cycloidal motion characteristics of a Cam profile curves

면에 출력하여 선정된 Cam Curve의 특성을 관찰할 수 있게 하였으며, 설계자의 판단에 따라 각종 Cam 곡선을 자유로 반복 선정할 수 있게 하였다.

3) Cam의 종류 선정과 NC program 생성

Cam의 Data와 Cam curve의 종류가 선정되면 원통 Cam이나, 원판 Cam의 종류를 선택하여야 한다. 원판 Cam이 선택되면 가공조건으로 기계 축의 0°에서 몇도를 회전시킬 것인가 하는 Base 각과 몇도씩 분할 할 것인가 하는 pick 각을 입력하고 원통 Cam이 선택되면 Pick 각 만을 입력하여야 한다. 입력된 Data로 부터 원판 Cam의

윤곽설계와 함께 NC program의 자동생성 과정을 그림 6-a에 나타내었다. 그림에서와 같이 원판 Cam은 바른쪽 정4각형부분을 Graphic view port로 설정하고 나머지 왼쪽 부분을 문자 출력 및 대화영역으로 하였다. 한편 그림 6-b는 원통 Cam의 윤곽설계와 NC program의 자동 생성과정을 나타내었다. 원통 Cam은 화면의 윗부분을 Graphic View port로 하여 0°~360°까지의 영역을 보다 쉽게 관찰할 수 있게 배려 하였으며 아래 부분을 문자출력 및 대화영역으로 하였다. 그림 6-b는 흑백으로 Printer에 출력된 예이나, 실제 컴퓨터의 화면에는 색을 이용하여 Cam곡선이 보다 선명하게 나타난다. 이상과 같이 생성된

*** Modified trapezoid ***

```

NOW MAKING CAM
BASE angle : 12.50 deg.
Pick angle : 1.00 deg.
ANGLE : 372.50 radius : 100.000
G01 X 98.153 Y 11.183
G01 X 98.389 Y 12.953
G01 X 98.485 Y 14.719
G01 X 98.442 Y 16.474
G01 X 98.263 Y 18.213
G01 X 97.985 Y 19.935
G01 X 97.630 Y 21.644
G01 X 94.879 Y 2.485
G01 X 95.813 Y 4.183
G01 X 95.608 Y 5.903
G01 X 97.263 Y 7.655
G01 X 97.778 Y 9.415

HARDCOPY (Y/N), N ? Y
Use pizza at IBM pc
    
```

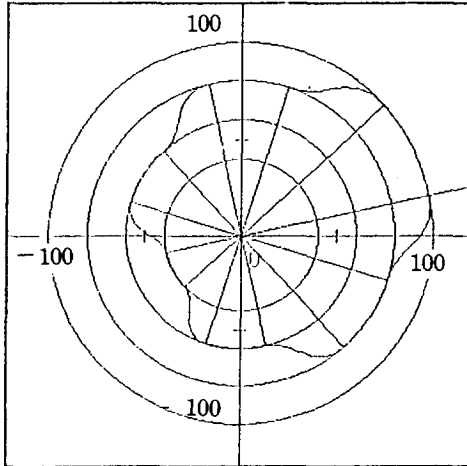


Fig. 6-a NC program generation with a disk Cam profile synthesis

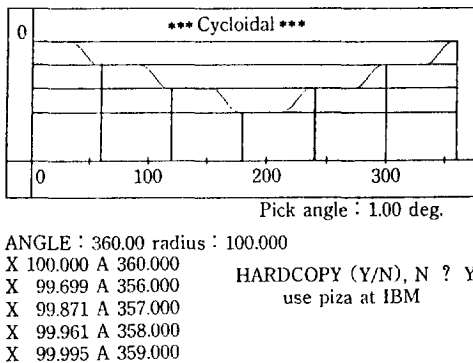


Fig. 6-b NC program generation with a cylindrical Cam profile synthesis

```

%
I7000
G91G28Z0
T03M06
G90G54G17G00X0Y0A0
G43Z50M03S200H03
G00X100.0A0.
G01Z-20.F40M08
X100.0A29.0
X100.0A30.0
X99.992A31.0
X99.941A32.0
X99.811A33.0
X99.578A34.0
X99.238A35.0
X99.02A359.0
X100.0A360.0
G00Z100.M09
G49Z350M19
G91G28Z0
G28Y0
M30
%
```

Fig. 7 An example of NC program for a cylindrical Cam

NC program은 ASCII file 로 Save 되며 그림 7은 원통 Cam의 NC program file의 한 예를 나타내었다.

4) NC program의 전송

Cam 가공을 위하여 생성된 NC program은 CNC Machining Center의 Controller로 Data 전송을 하여야 되는데 본 연구에서는 RS-232C를 이용한 ON-line 전송방법을 이용하였다.

V. 가공실험

Cam data를 입력하고 Cam의 곡선의 선정 및 Cam의 종류를 선택하여 생성된 NC program을 CNC Machining Center에 전송하여 이를 Controller에서의 도형 확인 및 Dry run을 거친 후 실제로 가공실험을 실시 하였다.

그림 8은 본 연구에 사용한 CNC Machining Center에 CNC Rotary Table을 장착하여 원통 Cam을 가공하는 장면이다.

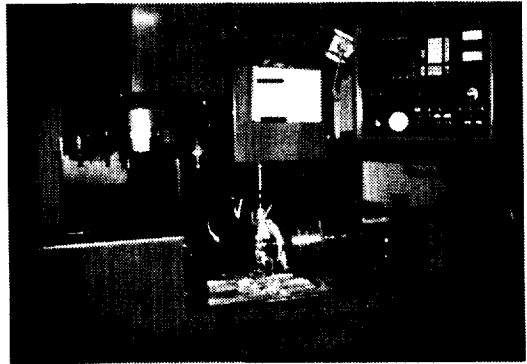
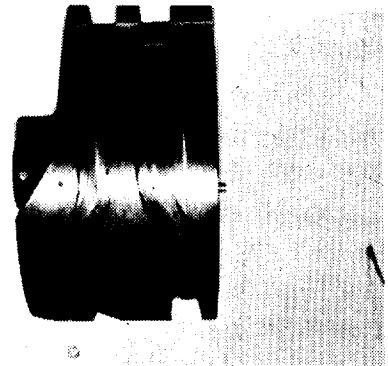
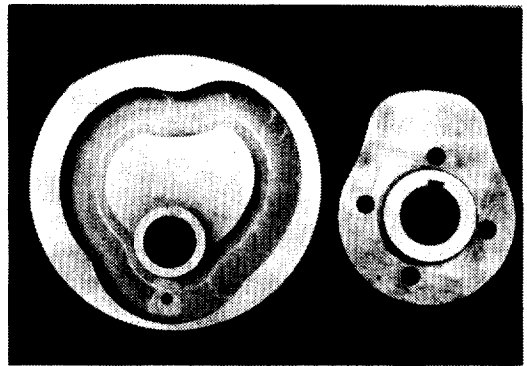


Fig. 8 View of CNC machining center



(a)



(b)

Fig. 9 The results of Cam manufacturing : Cylindrical Cam(a) and Disk Cam (b)

그림 9-a는 가공실험한 원통 Cam의 한 예를, 그림 9-b는 원판 Cam의 예를 나타내었다.

이상과 같이 임의의 Cam의 설계 및 가공을 위한 CAD/CAM system의 개발 과정에서는 시

행착오적 방법이 있었으나 개발된 System은 대체적으로 잘 작동 되었다.

VI. 결 론

농업용 내연기관을 비롯하여 수도이앙기, 파종기, 농산기계 및 시설, 식품가공기계 등에 저속회전용 또는 고속회전용 Cam이 널리 사용되고 있다. 또한, 기계의 고속화와 자동화의 진전과 함께 Cam은 더욱 중요한 위치를 점하고 Cam의 곡선의 종류도 다양해 졌으며 CAM의 가공에 이용되는 CNC Milling 이나 Machining Center 등도 많이 보급되어 활용되고 있다. Cam의 설계 및 제작의 자동화를 위한 CAD/CAM system을 16 bit PC를 이용, Quick BASIC 언어로 개발하여 가공실험을 실시한 본 연구의 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) Cam의 Data 입력은 Cam 각 θ 가 0° 에서 360° 까지의 변화에 따른 R의 값을 입력하는 것으로 가능하여 원통 Cam과 원판 Cam 및 각종 Cam 곡선의 Data를 공유하게 하였으며, Data file은 Free format로 하여 사용자의 Data 입력의 부담을 최소화 하였다.

2) 일반적으로 널리 사용되는 19종류의 Cam 곡선의 무차원화를 program화 함으로 해서 Cam의 설계자는 Cam곡선의 선정만으로 목적에 맞는 Cam곡선을 설계할 수 있으며 선정된 Cam 곡선에 대한 변위, 속도, 가속도, 저어크 등의 특성을 출력하여 Cam 곡선의 선정을 간편케 하였다.

3) 입력된 Data를 이용한 Cam의 윤곽설계와 함께 CNC Machining Center용 NC program을 생성시키도록 하여 CAM 과정이 효율적으로 수행되도록 하였다.

4) 생성된 NC program을 CNC Machining Ceter에 전송하여 가공실험을 실시한 결과 생성된 NC program은 거의 수정하지않아도 작동이 가능한 정도의 만족할 만한 결과를 얻었으므로 실용화에 큰 문제가 없는 것으로 사료된다.

이상과 같은 Cam의 설계 및 가공의 자동화를 위한 CAD/CAM system은 초심자들의 이용상의 편의를 위하여 대화식으로 개발되었으며 사용한 언어도 Quick Basic으로 자체 개발 되었으며 앞으로 이 분야의 연구 및 실용화를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 특히 가공실험의 편의를 제공해준 서울의 대광 Engineering의 최병선 사장에게 지면을 빌어 감사함을 표시한다.

참 고 문 헌

1. 김성래, 김기대, 이동주, 윤여두 : 1989 자유곡면 물체의 금형설계 및 제작의 자동화를 위한 CAD/CAM. 충남대학교. PP 1~66.
2. Ammeraal, L. 1988. Interactive 3D Computer Graphics, John wiley & Sons Ltd. PP 1~250.
3. Kloomok, R. V. Muffley. 1955. Plate Cam Design. Product Engineering, Feb. PP 156~162.
4. Neklutin, C. N. 1952. Designing Cams. Machine Design Vol 24 : PP 143~160.
5. Pao, Y. C. 1984. Elements of Computer Aided Design and Manufacturing, John wiley & Sons Ltd. PP 1~287.