

와이어 컷 방전 가공을 위한

자동프로그래밍 시스템 AUTO-CUT의 개발에 관한 연구

○ *
이 재 원

* 인하대학교 자동화공학과

** **
강 신 한 , 강 호 진

** 인하대학교 대학원 기계공학과

A Study on the Development of the Computer Aided Part Programming System 'AUTO-CUT' for wire-cut EDM

Jae Won Lee , Shin Han Kang , Ho Jin Kang
Inha University

Abstract

This paper introduces the system AUTO-CUT for the automatic generation of NC tapes for wire-cut EDM(Electrodischarge Machining) parts. The information input to the system is the description of the part geometries, the tool motions and the cutting conditions etc. The system generates CLDATA. Also dynamic graphic display of the tool motions can be performed on the screen.

1. 서론

수치제어 공작기계(Numerically Controlled machine tool)의 이용에 따른 제조업 분야의 생산성 증대 노력은 여러가지 형태로 노력되어져 왔다. 그중의 하나가 컴퓨터를 이용한 수치제어 가공 프로그램(NC part program)의 작성이다.

컴퓨터를 이용한 가공프로그래밍(computer aided part programming)은 흔히 자동프로그래밍(automatic programming) 또는 캠(CAM; Computer Aided Manufacturing)작업이라고 불리워지는데, 수치제어 공작기계의 제어에 필요한 기계제어데이터(MCD; Machine Control Data)의 작성을 컴퓨터가 생성한다. 이때 컴퓨터 사용자는 기계제어데이터의 표현방식보다 쉬운 방식을 이용하여 가공물의 형상, 공구경로 및 가공조건 등을 정의하여 빠르고 정확한 프로그램 작성이 가능하다. 이들 시스템을 이용한 프로그래밍시간의 단축은 윤곽 가공(contouring)의 경우는 50% 이상에 달하고 있다 (1).

1950년대 미국 MIT 에서 개발되어 60년대 이후 산업계에 널리 이용되고 있는 APT언어를 중심으로 컴퓨터를 이용한 가공프로그래밍 시스템은 ADAPT, MINIAPT 등의 APT-subset 시스템, COMPACT II, PROMO 등의 APT-like 시스템들이 다수 개발되었으며

독자적인 방식으로 운영되는 시스템도 존재한다 (2).

가공처리 능력 별로 시스템을 구별해 보면 APT 언어가 5축 가공처리를 수행할 수 있는 고기능 시스템인데 반하여 드릴링(drilling) 전용의 EXAPT 1 (3), 선반 가공을 위한 EXAPT 2 (4), MELTS (5), AUTAP-NC (6), 2축 윤곽 가공 및 2.5축 가공을 처리하는 2C, L (7), PROMO (8), FAPT-MILL (9) 등과 3축 가공 시스템으로써 국내에서 사용되는 COMPACT II (10), FAPT-DIE II (11), NSE-GP 3000 (12) 등이 있다.

컴퓨터를 이용한 수치제어 가공프로그래밍 시스템 개발에 관한 국내 연구로는 선반 가공 시스템으로 MELTS 시스템의 subset이 있는데, 사용언어가 복잡하며 그래픽 기능이 없다 (13). 또 APT언어의 일부를 한글로 표현하려 했던 시스템이 있으나, 가공 여유치에 따른 공구의 오프셋(offset) 보상기능 설정이 없으며 (14), 2축 가공으로는 FAPT의 운동정의 방식을 채택한 시스템 연구가 있는데 MACRO 기능 등이 없다 (15).

2축 와이어 컷 방전가공에 대한 연구로는 순차(progressive)금형 가공에 필요한 CAD/CAM 시스템의 한 모듈로서의 연구가 있는데 가공여유 설정시 공구의 오프셋(offset) 처리 기능에 대한 언급이 없고 언어 구문(syntax)에 대하여는 APT-subset의 성격이 강하다 (16).

본 연구는 와이어 컷 방전가공을 위한 자동 프로그래밍 시스템 AUTO-CUT의 개발에 관한 것으로 저자가 수행했던 연구를 확장한 것이다 (17).

2. AUTO - CUT의 구조 및 기능

(1) 구조

시스템의 구조는 전처리부(pre-processor), 주처리부(processor), 후처리부(post-processor) 및 그래픽 모듈(graphic module)의 네 부분으로 나눌 수 있다 (Fig. 1).

전처리부(pre-processor)의 기능은 프로그램의 입력, 입력문에 대한 구문(syntax)의 과오(error) 점검 등을 수행하며 입력데이터를 시스템의 내부데이터 형태로 저장한다.

형상정의와 공구 이동위치에 관한 계산은 주처리부(processor)에서 수행된다. 계산에 이용된 알고리즘으로는 상대좌표계(local coordinate)의 설정에 따른 좌표변환을 이용하여, 비선형 연립 방정식의 계산에 따르는 어려움을 줄이는 알고리즘을 이용하였다 (18).

주처리부는 공구의 직경 및 가공여유를 고려하여 공구 위치 데이터인 CLDATA (Cutter location data)를 생성한다. 물론 직경에 대한 공구 오프셋(offset) 보상은 기계제어데이터의 G41 또는 G42 기능을 이용할 수 있으나, 가공여유 설정에 따른 보상은 처리할 수 없으므로 CLDATA 계산시 이 기능의 존재는 중요하다. 뿐만아니라, 그래픽 화면에 공구경로가 도시될 경우 공구 보상이 되어 있으면, 가공프로그램에 시각적인 과오 점검이 효과적으로 수행될 것이다.

후처리부(post-processor)는 CLDATA를 이용하여 주어진 수치제어 동작기계의 구동에 필요한 기계 제어 데이터를 생성한다.

(2) 문의 포맷 (Statement formats)

컴퓨터를 이용한 가공용 소프트웨어 시스템을 사용하여 프로그램을 작성하는 방법은 도형방식, 데이터방식 및 언어방식이 있다 (19). AUTO-CUT는 이 가운데 언어방식을 택하였으며, APT언어와 같은 자유 포맷 (free format)이다. 프로그램을 구성하는 문(statement)은 가공물의 형상, 공구의 이동 그리고 가공조건 등에 관한 부분으로 나뉘어지는데 이들은 다음의 한가지 구문(syntax)형태를 취하게 된다.

- 단순 주 단어(single major word)

예 : RAPID

- 주 단어(major word), 슬래쉬(slash)와 보조단어(minor word), 심볼(symbol), 숫자(number), 콤마(comma)의 조합

예 : GOCCW/ C2, L2, PAST, U

- 등호(equal sign)와 심볼(symbol), 숫자, 콤마(comma)의 조합

예 : C4 = L2, C1, R, OUT, D

이때 사용된 주 단어(major word), 보조단어(minor word), 심볼(symbol), 숫자(number), 오퍼레이터(operator) 및 마침기호(punctuation character)의 여섯개는 APT언어의 구문(syntax) 개념을 따랐다 (20).

형상 정의 방법에 있어 APT언어와의 차이점은 등호다음에 나오는 주단어(major word)인 'CIRCLE', 'LINE', 'POINT' 와 '/' 를 생략하여 구문 어휘의 수를 줄였고, 위치 설정에 필요한 보조언어 XLARGE, XSMALL, YLARGE, YSMALL의 사용 경우를 대신할 수 있는 R, L, U, D를 정의하였다. 공구운동 정의에는

APT의 드라이브 면(drive surface)과 체크 면(check surface)의 개념을 도입하였으나, APT의 주단어(major word)와 보조단어인 CW, CCW를 이용하여 GOST, GOCW, GOCCW의 주단어(major word)를 정의하였다. 이들에 의한 구문의 단순화는 사용 어휘수를 줄여주므로 효율적인 프로그램 작성을 가능하게 한다.

(3) 프로그래밍 보조 기능

동일한 형상이 반복되는 가공물의 경우는 형상, 공구이동 및 기술 조건 등의 기술이 반복되어질 수 있다. 본 시스템은 이를 위하여 'MACRO' 기능과 'COPY' 기능을 설정하였다. COPY는 임의의 각도에 대한 반복회전 및 임의의 벡터에 대한 반복평행 이동을 가능하게 한다.

(4) 프로그램 입력 방식

프로그램의 작성은 두가지 방법이 가능한데 첫째는 전처리부(pre-processor)에 의하여 문(statement)의 입력이 하나씩 입력되고 시스템 응답(prompt)이 있게되는 호환방식(interactive method)이 가능하고, 둘째는 문편집기(word processor)와 같은 기존의 소프트웨어를 이용하여 일괄 작성한 후 입력시킬 수 있는데, 단 ASCII코드(code)의 형태를 갖는 파일(file)이어야 한다.

(5) 그래픽 기능

그래픽 모듈을 설정하여, 가공물 형상 및 공구 경로의 화면도시를 호환적(interactively)으로 처리할 수 있다. 가공물 형상은 하나의 도형이 정의될 때마다 나타나게 되며 공구운동은 연속적인 이동이 되게 하여 실제 가공에 가까운 시뮬레이션(simulation)이 가능하다. 이상의 기능은 가공프로그램의 과오점검을 위하여 효율적인 지원을 하게되며 컬러(color) 그래픽 기능을 이용하면 그효과는 증대된다.

사용된 그래픽 루틴(graphic routine)은 프로그램 개발에 사용된 FORTRAN-77 (21)과 인터페이스가 가능한 HALO (22)를 이용하였다.

(6) 출력의 형태

시스템이 생성하는 파일(file)은 AUTO-CUT 가공 프로그램 (part program) 파일, CLDATA 파일 그리고 기계제어데이터 파일의 세가지가 있다. 기계제어데이터 파일은 천공기를 이용하여 NC테이프(tape) 형태나 프린터에 의한 출력이 가능하다.

3. 응용 연구

Table 1 은 AUTO-CUT언어에 의한 가공프로그램으로서 Fig. 2 의 가공물에 대한 것이다. Fig. 3 는 도형 정의가 진행중인 경우의 화면 모습이며, 완료된 도형 정의 결과와 임의의 점까지 진행된 공구의 경로가

Fig. 4 에 도시되어 있다. Table 2, Table 3 는 CLDATA, 기계제어데이터를 보여준다. Fig. 5 는 FANUC TAPE CUT MODEL P상에서 NC 테이프에 의하여 시험절삭된 가공물이다.

4. 결론

수치제어 공작기계의 수동프로그래밍(manual programming)에 대한 생산성 향상을 목적으로하여 와이어 컷 방전 가공(Wire-Cut EDM)에 대한 컴퓨터 이용 가공프로그래밍(computer aided part programming) 시스템인 AUTO-CUT을 개발하였다. 시스템은 APT-like와 APT-subset의 혼합 형태로써 단순화된 언어 구문(syntax)을 갖는다. 그리고 생성되는 CLDATA는 공구지름 뿐만아니라 가공여유에 대한 공구 오프셋(offset) 처리가 되도록 하였다. 시스템은 프로그램의 과오 점검을 시각적으로 실시간 검증이 될 수 있도록 화면(screen)상에서 정의된 도형 위에 연속적인 공구이동이 도시되도록 하였다. 시스템의 사용은 IBM PC/XT 및 AT 호환 기종에서 가능하다.

보완될 연구 방향으로는 대수계산, 삼각함수 사용, 기울기(taper)를 갖는 3차원 입체 형상 물 정의, 곡선 보간(curve fitting), 다양한 기계 구조 형상에 대한 매크로(macro) 기능 설정 등이 필요하다.

후기

본 연구의 일부는 한국과학재단의 연구지원과 한국 기계연구소의 위탁연구 지원에 의한 것이다. 관계제위께 감사드린다.

참고문헌

1. R.Weil and C. Sauvaire, Revue générale des langages de programmation pour la commande numérique des machines-outils, annals of the CIRP, key note-paper no. 5.
2. R. Shah, NC Guide : Vol. 1, p. 181, NCA Verlag, 1983.
3. D. Reckziegel, EXAPT 1, Numerical Control User's Handbook ed. W.H.P. Leslie, McGRAW-HILL, 1970.
4. D. Reckziegel, EXAPT 2, Numerical Control User's Handbook ed. W.H.P. Leslie, McGRAW-HILL, 1970.
5. H. TaKeyama, K. Inoue, T. Honda, H. Sekiguchi, K. Takada, An automatic programming system for lathe operations MELTS, annals of the CIRP, vol. 21/1, 1973.

6. W.Eversheim, B. Holz, Computer aided programming of NC-machine tools by using the system AUTAP-NC, annals of the CIRP, vol. 31, no. 1, 1982
7. J.F. McWaters and D.S. Welch, NEL computer programs for NC, Numerical Control User's Handbook ed. W.H.P. Leslie, McGRAW-HILL, 1970
8. Manual de language de base PROMO, ADEPA, 1981.
9. FAPT TURN/MILL Operator's Manual, FANUC Ltd., 1983.
10. COMPACT II Programming Manual, MDSI, 1980.
11. FAPT-DIE II Programming Manual, FANUC Ltd.
12. NSE-GP 3000 フォルクラム・マニュアル.
13. 박삼진, 김석일, 박연규, 박정현, 생산자동화를 위한 소프트웨어 기술개발, 한국기계연구소 연구 보고서, 과학기술처, 1985.
14. 고명삼, 김규식, 김대원, 성광계, IBM-PC를 이용한 CNC선반용 한글 자동 프로그래밍 시스템과 그래픽 디버거의 설계, '86 한국자동제어 학술회의 논문집 vol 1, 1986.
15. 조범구, 2차원 Part Programming System 개발에 관한 연구, 석사학위 논문, KAIST, 1986.
16. 박삼진, 박정현, 황기현, Progressive 금형의 CAD/CAM 기술 개발, 한국기계연구소 특정 연구 개발 사업 보고서, 과학기술처, pp. 1-107, 1987.
17. 이재원, 강신한, 강호진, 와이어 컷 방전가공을 위한 자동화 프로그래밍 프로세서의 개발, Progressive 금형의 CAD/CAM 기술 개발, 한국기계연구소 특정연구 개발 사업 연구 보고서, pp. 109-159, 과학기술처, 1987.
18. D.F.Rogers, Interactive graphics and numerical control, CAD, vol.12, no. 5, pp. 253-261, 1980
19. 竹山孝彦, 井上久仁子, 本多廣徳, 関口博, 高田孝次, 自動加工ソフトウェア, P.53, 日刊工業新聞社, 1981.
20. Encyclopedia of the APT Programming Language, CAM-I, 1973.
21. Microsoft FORTRAN Reference Manual, Microsoft Corporation, 1985.
22. HALO Manual, Lifeboat Associates, 1984

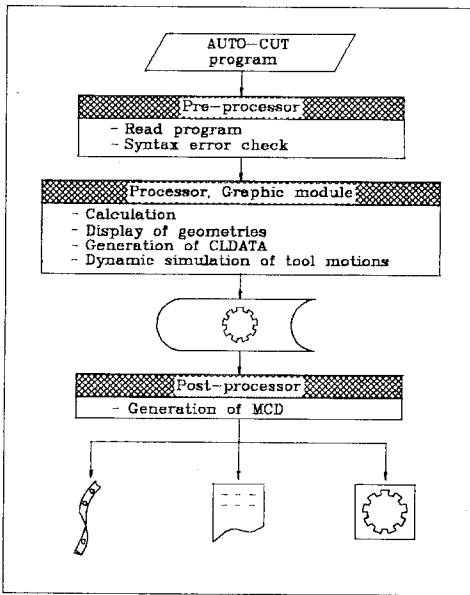


Fig. 1 AUTO-CUT 시스템의 구성

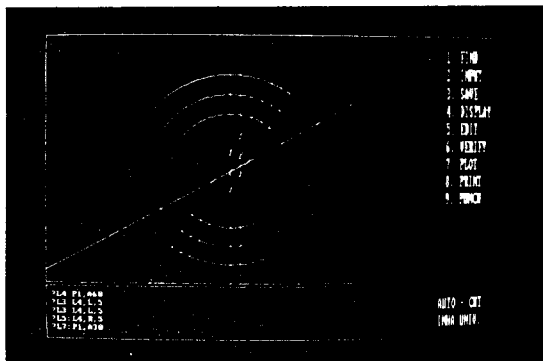


Fig. 3 형상정의 중에 나타난 화면모습

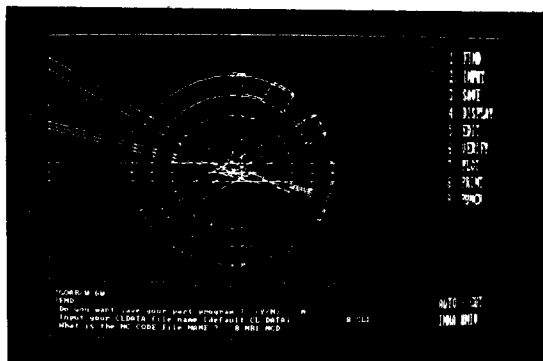


Fig. 4 CLDATA에 생성되는 공구경로

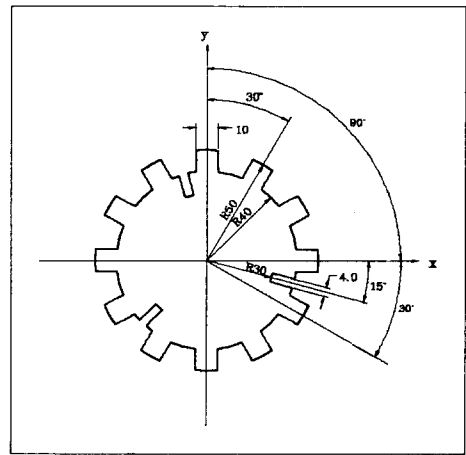


Fig. 2 가공물 도면

Table. 1 AUTO-CUT 가공 프로그램

```

REM                                FROM/0,60
REM * GEO. DEF. *                  GO/C1,TD,U
REM                                MACRO=CUT
P1=0,0                              GOCW/C1,L2,PAST,U
P2=0,30                             GOST/L2,C2,TD,U
C1=P1,50                             GOCW/C2,L3,TD,U
C2=P1,40                             GOST/L3,C1,PAST,U
C3=P1,30                             GOCW/C1,L5,PAST,U
L1=0,0,0,30                         GOST/L5,C2,TD,R
L2=L1,R,5                           GOCW/C2,L6,TD,R
L4=P1,A60                            GOST/L6,C1,PAST,R
L3=L4,L,5                            GOCW/C1,L8,PAST,R
L5=L4,R,5                            GOST/L8,C2,TD,R
L7=P1,A30                            GOCW/C2,L9,TD,R
L6=L7,L,5                            GOST/L9,C1,PAST,R
L8=L7,R,5                            GOCW/C1,L11,PAST,R
L10=0,0,20,0                        GOST/L11,C2,TD,R
L9=L10,U,5                           GOCW/C2,L12,PAST,R
L11=L10,D,5                          GOST/L12,C3,TD,R
L13=P1,A-15                          GOCW/C3,L14,TD,R
L12=L13,U,2                          GOST/L14,C2,PAST,R
L14=L13,D,2                          GOCW/C2,L15,TD,R
L16=P1,A-30                          GOST/L15,C1,PAST,R
L15=L16,U,5                          GOCW/C1,L16,ON,R
REM                                MEND
REM * MOT. DEF. *                  COPY/CUT,3,P1,A-120
REM                                GOAB/0,60
CUTTER/0.2                            END
THICK/1

```

Table. 2 CLDATA

CUTTER	.20000		
THICK	1.00000		
FROM	.00000	60.00000	
GO	.00005	51.10000	
GOCW	6.10005	50.73460	
	.00000	.00000	51.10000
GOST	6.10004	40.64479	
GOCW	15.03965	38.24943	
	.00000	.00000	41.10000
GOST	20.08456	46.98745	
GOCW	30.65009	40.88743	
	.00000	.00000	51.10000
GOST	25.60518	32.14941	
GOCW	32.14943	25.60515	
	.00000	.00000	41.10000
GOST	40.88746	30.65005	
GOCW	46.98747	20.08451	
	.00000	.00000	51.10000
GOST	-15.03965	38.24943	
GOCW	-11.50428	39.45708	
	.00000	.00000	41.09999
GOST	-8.91526	29.79477	
GOCW	-7.17658	30.26065	
	.00000	.00000	31.10000
GOST	-9.76599	39.92297	
GOCW	-6.10004	40.64480	
	.00000	.00000	41.10000
GOST	-6.10005	50.73460	
GOCW	-.00005	51.10000	
	.00000	.00000	51.10000
GOAB	.00000	60.00000	
END			

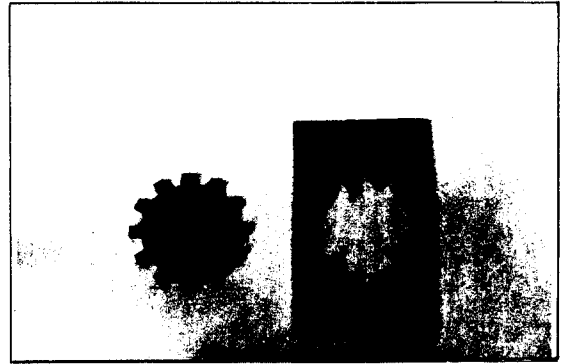


Fig. 5 시험절삭된 가공물 형상

Table. 3 기계제어데이터 (machine control data)

Z	
G92X0Y60000	
G90G01Y51100	
G02X6100Y50735J-51100	
G01Y40645	
G02X15040Y38249I-6100J-40645	
G01X20085Y46987	
G02X30650Y40887I-20085J-46987	
G01X25605Y32149	
G02X32149Y25605I-25605J-32149	
G01X40887Y30650	
G02X46987Y20085I-40887J-30650	
G01X38249Y15040	
G02X40645Y6100I-38249J-15040	
G01X50735	
G02X-6100I-50735J-6100	
G02X-38249I-50735J-6100	
G01X-46987Y20085	
G02X-40887Y30650I46987J-20085	
G01X-32149Y25605	
G02X-25605Y32149I32149J-25605	
G01X-30650Y40887	
G02X-20085Y46987I30650J-40887	
G01X-15040Y38249	
G02X-11504Y39457I15040J-38249	
G01X-8915Y29795	
G02X-7177Y30261I8915J-29795	
G01X-9766Y39923	
G02X-6100Y40645I9766J-39923	
G01Y50735	
G02X0Y51100I6100J-50735	
G01Y60000	
M02	
Z	