

# 다수의 전극의 동시가공 방법에 관한 연구

김경수<sup>#</sup>, 정태성<sup>1</sup>, 유승환<sup>1</sup>, 양진석<sup>2</sup>, 허영무<sup>2</sup>

## A Study on Machining Method of Multi-Electrode

K. S. Kim, T. S. Jung, S. W. Yoo, J. S. Yang, Y. M. Heo

(Received November, 30, 2004)

### Abstract

In general, a lot of small electrode is needed for making precision injection molds, such as cell phone mold and precision connector mold, because of the limitations of NC milling process. Those small electrodes usually have very simple shapes and the actual cutting time is so short, but many NC programs and set-up process, a very complicated and time consuming job, are needed for each electrode. This paper deals the method for increasing the productivity of machining electrodes. In this work, the process standardization of machining electrode was done and special jig for machining small electrodes was developed. Automatic tool path optimization software was also developed to minimize tool changing time. In addition, in-line cutting tool measuring system was adopted. The productivity of machining for small electrode has been increased up to 100%.

**Key Words :** Multi-Electrode, Machining Condition, Productivity, Precision Injection Mold, Special Jig, Tool Measuring System

### 1. 서 론

금형 제작시 리브, 보스, 홀 등의 미세가공이나 깊은 홈등과 같은 가공 중 공구 및 제품 파손이 발생할 수 있는 부위를 위해 전극을 생성하고 있다. 전극 공정은 일반적으로 금형설계 도중 금형 파팅이 완료된 3차원 모델링의 코어, 캐비티 형상에 전극모델링을 진행하며, 전극모델링 후 CAM의 NC Data 생성, 전극가공, 전극사상, 방전 순으로 진행된다. 전극생성과 관련된 공정순서도는 Fig. 1과 같다.

금형제작시 전극과 관련된 공정은 전체 금형 생산 공정의 차지하는 비율에 약 50%이상이며, 애로공정으로 인식되고 있다. 차지하는 비율이 큰 이유는 금형 생산시 많은 양의 전극을 생성하기 때문이며, 제품별 전극생산량을 Table 1 과 같이 조사하였다[1].

Table 1 Comparisons of quantity of electrode

Size	Product	Electrode	Mold set
Large	TV	180EA	2 Set
	Aircon	550EA	5 Set
Middle	Manifold	53EA	3 Set
	Cleaner	276EA	3 Set
Small	Cell phone	600EA	4 Set



Fig. 1 Process for EDM

1. 재영솔루션㈜ 플라스틱응용기술 연구소  
 2. 한국생산기술연구원 정밀금형팀  
 # 교신저자 : 재영솔루션㈜ 플라스틱응용기술 연구소  
 E-mail : kimks@jysolutec.com

전극은 가공형상이 상대적으로 단순하기 때문에 가공시간도 많이 소요되지 않는 반면에, 많은 개수로 인하여 고정(Fixing) 및 원점조정 등 작업 준비시간에 소요되는 시간이 비 숙련공의 경우 전체 전극가공시간의 약 30~40%로 상대적으로 매우 크다. 이러한 원인은 전형적인 가공방법 EROWA, System3R 등과 같은 지그로 단순 반복적인 작업에 따른 것이며, 생산성을 향상시키기 위해서는 다량의 전극을 순차적으로 가공 할 수 있는 방안이 절대적으로 필요하다.

본 연구에서는 Table 1 의 금형 생산 시 전극수량이 가장 많은 휴대폰 금형을 대상으로 여러 개의 전극을 지그에 동시 장착을 하고 고속가공기의 ATC 를 이용하여 순차적으로 가공 할 수 있도록 지그를 개발하였다. 현재 사용되고 있는 다양한 CAM 종류에 따른 NC Data 의 표준화를 구축하며, 가공조건 의 확립 및 각각의 컨트롤러에 맞는 가공 데이터를 자동으로 변환 할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 또한 Touch Probe 와 같은 주변장비를 추가하여 전체 시스템을 구성하였다. 따라서 반복적인 작업으로 인한 생산성 저하를 방지하고, 야간무인 가동을 통한 기계 가동률의 극대화와 설비생산성의 제고를 기할 수 있도록 하였다[2].

## 2. 가공 표준화

휴대폰과 같은 소형 금형제작 업체는 사무실과 현장이 분리되어 사무실에서는 CAM 작업, 즉 코어, 캐비티의 가공용 모델링생성, 전극모델링생성, NC Data를 생성한다. 현장에서는 가공용 NC Data를 각 컨트롤러에 맞게 공구코드, 절삭속도, 스피들 회전수를 적절하게 NC File에 삽입한 후 고속가공기에 전송하여 가공한다 휴대폰 금형제작업체의 CAM System 및 고속가공기의 컨트롤러 현황을 Table 2로 나타내었다.

Table 2 CAM system & CNC controller type

Company	CAM System	Controller
Jin Won	PowerMill, HyperMill	HiddenHien
Soltec	PowerMill, Cimatron	Fanuc18M
DuckSung	PowerMill, Cimatron	Radors
JY Solutec	PowerMill, Cimatron	Meldas, Faunc18M

CAM system 에서 생성된 NC Data 를 잘못된 공구코드 및 절삭조건을 적용 하여 고속가공을 진행한다면, 부하가 많이 작용되며 이는 기계수명 및 기계고장으로 이어질 수 있다. 따라서 현장의 숙련공의 경험에 의한 절삭조건을 표준화하여야 한다.

Table 3 Machining condition

Tool	Code	Feed	Spindle	Machining
φ8 R0.5	T02	2000	12000	Rough
φ8 Flat	T03	1200	8000	Rough
φ4 Ball	T04	4000	20000	Semi-Finish
φ4 Ball	T05	3000	20000	Finish
φ4 R0.3	T06	2500	20000	Semi-Finish
φ4 R0.3	T07	1800	20000	Finish
φ4 Flat	T08	1700	20000	Finish
φ3 Ball	T09	3200	20000	Semi-Finish
φ3 Ball	T10	2000	20000	Finish
φ3 Flat	T11	1200	20000	Finish
φ2 Ball	T12	1200	20000	Semi-Finish
φ2 Ball	T13	1000	20000	Finish
φ2 R0.3	T14	1200	20000	Semi-Finish
φ2 R0.3	T15	1000	20000	Finish
φ2 Flat	T16	800	20000	Finish
φ1.5 Ball	T17	800	20000	Semi-Finish
φ1.5 Ball	T18	800	20000	Finish
φ1.5 Flat	T19	600	20000	Finish
φ1 Ball	T20	600	20000	Semi-Finish
φ1 Ball	T21	600	20000	Finish
φ1 Flat	T22	500	20000	Finish
φ0.6 Ball	T23	400	20000	Finish

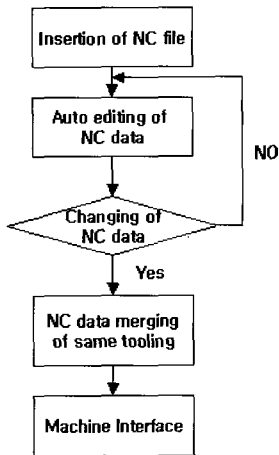
Table 2의 대표적 금형업체로 알려져 있는 JY Solutec 의 휴대폰 금형의 전극가공에 대한 NC Data 생성기준은 전극형상에서 황삭전극과 정삭전극으로 분류하여 전극 값을 부여하며 CAM System 에서 황삭전극의 경우 -0.5mm, 정삭전극의 경우

-0.07mm 을 Offset 하여 황삭가공, 중삭가공, 정삭가공으로 크게 분류하여 공구경로를 생성한다. 현재 사용하고 있는 공구 종류에 따른 공구코드 및 절삭 조건을 Table 3과 같이 표준화 하였다. 휴대 폰 급형의 전극크기는 리브, 보스, 미세홀, 모서리 부위로 크게 분류하여 Table 4로 결정하였다.

**Table 4 Standard stock size**

Description	Electrode size (W X L)
Rib, Boss	15X15, 25X25, 20X30, 20X40 30X30, 30X40
Small Hole	15X15, 25X25
Corner	15X15, 25X25, 20X30, 20X40, 20X50, 20X60, 30X30, 30X40, 30X50, 30X60, 35X35, 45X45 50X90, 60X100, 60X110

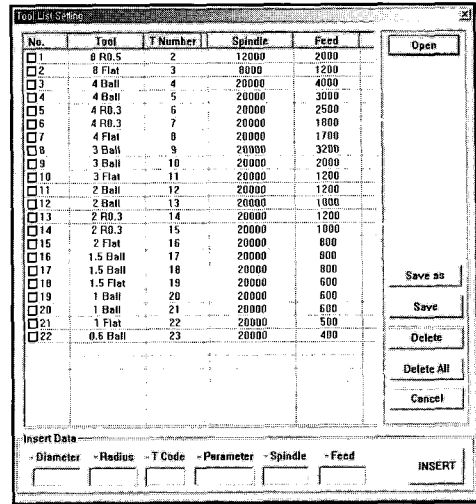
### 3. 운영 소프트웨어 개발



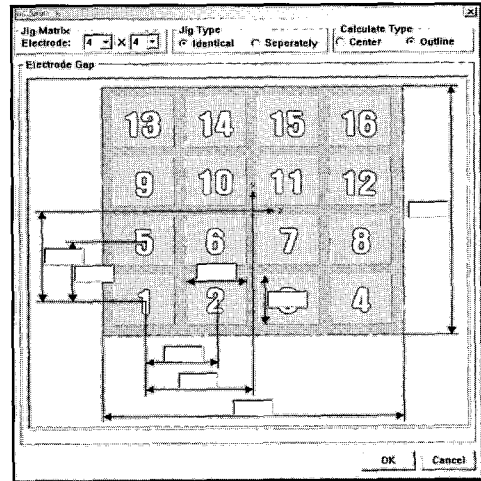
**Fig. 2 Flow chart of operation software**

2 장에서 정의하였던 가공표준화의 공구 및 절삭조건 데이터를 이용한 NC Data 자동편집 기능과 편집된 NC Data 의 여러 개의 NC File 을 같은 공구코드로 묶을 수 있도록 소프트웨어를 구성하였다. 이는 Fig. 2 의 Flow Chart 로 나타내었다.

프로그램 개발 환경은 Visual C++6.0, OpenGL 로 하였다. NC File 에 공구 코드 및 절삭조건을 자동 삽입하기 위한 방안으로 공구 정보 세팅 창을 Fig.



**Fig. 3 Setting window for machining condition**



**Fig. 4 Jig setting window**

3 과 같이 구현하였으며, 데이터파일은 열기, 저장 및 지우기로 구성되어 있다.

지그의 초기원점 세팅에 대한 좌표변환은 지그의 중심으로부터 각각의 전극 중심 위치를 계산하여 NC Data 의 X, Y, Z 의 좌표값을 변환 한다. Fig. 4는 지그 중심에서 부터 각각의 전극 중심 위치 값을 표현하기 위한 지그 세팅창이다.

Drag & Drop 으로 각각의 전극 NC File 을 리스트 창에 위치시키면 정의되었던 Fig. 3 의 공구 정보 파일을 통해 NC Data 를 자동으로 편집한다. 편집된 NC File 을 Fig. 5 와 같이 나타내었다.

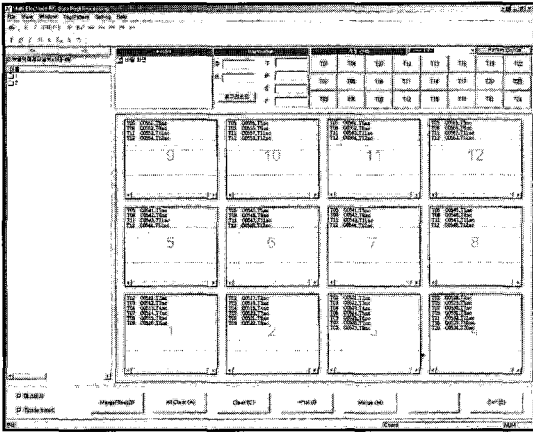


Fig. 5 Main window for NC data editing

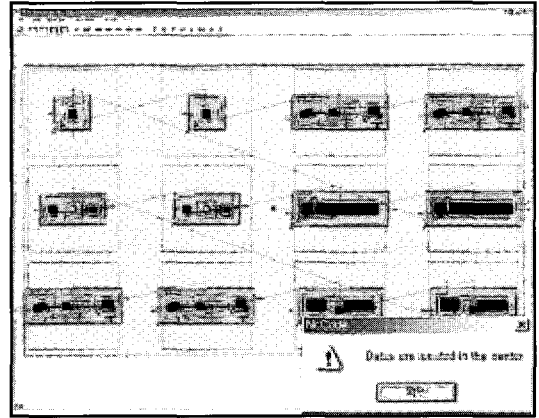


Fig. 8 Verification of tool path

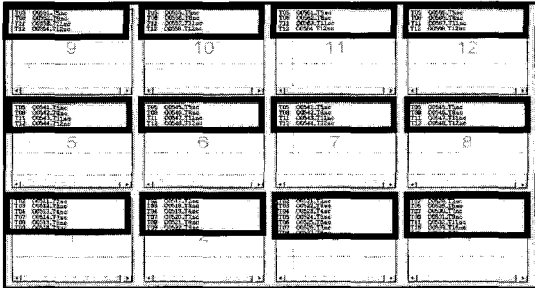


Fig. 6 Automatic editing of NC data

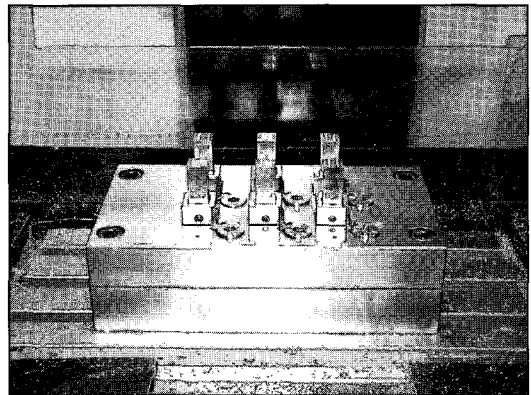


Fig. 9 Jig of 6 type

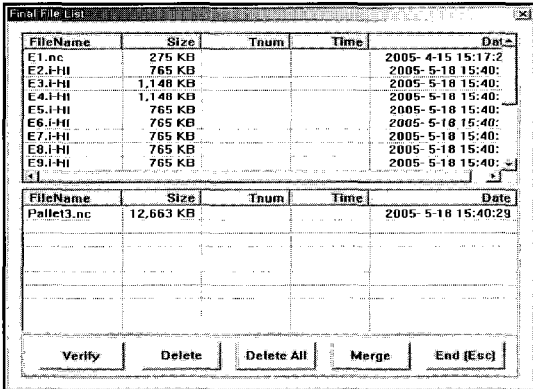


Fig. 7 Tool code merging

자동으로 편집된 NC File 은 별도의 폴더에 관리되며, 공구코드 및 절삭조건이 삽입된 수정 NC File 은 Fig. 6 에 나타내었다.

자동 편집된 NC File 을 동시가공으로 진행 한다면 70 번 이상의 공구를 교환해야 한다. 이는 공구 교환 시간이 50 초 전체가공시간 3 시간을 기준으로 한다면 1 시간 정도로 가공시간에 비해 매우 길며 생산성 저하를 가져온다. 따라서 각 전극

별 NC File 을 각 공구 코드 별로 묶는 기능을 추가하였으며, NC File 로 묶었을 경우 보다 70%의 시간을 단축 할 수 있었다. 이와 같은 예제를 Fig. 7과 같이 나타내었다.

각 공구 코드 별로 생성된 NC File 을 기계로 전송하기 위해 하나의 파일로 묶으며, 기계 전송 전 각각의 전극 중심위치에서 벗어난 정도를 그래픽으로 확인 할 수 있도록 하였으며, Fig. 8과 같이 나타내었다.

본 연구에서 개발 된 소프트웨어는 현장중심의 데이터를 최대한 활용할 수 있도록 구성하였으며, 사용자의 편리성에 중점을 두어 개발하였다.

#### 4. 지그 개발

고속가공기의 테이블 크기를 고려하여 무인가동

**Table 5 Specification of jig**

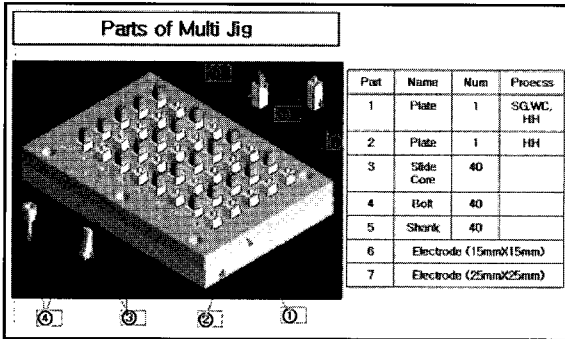
Description	Size	Precision of jig
Electrode	25X25	Max 7 $\mu$ m
Base	260X140	Max 7 $\mu$ m

Fig. 9와 같이 6개 가공전용 지그에 대한 정밀도는 Table 5와 같다.

지그 설계에 대한 효용성을 검증하기 위하여 6개 가공 전용 지그에 대한 가공성 평가를 실시하였으며, 0.01mm 이내의 정밀도를 유지함을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 이를 바탕으로 40개 가공용 지그를 개발하였으며, Fig. 10에 나타내었다. 정밀도는 Table 5와 같다.



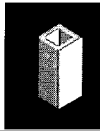


40개 가공용 지그에 대한 부품설명은 Table 6과 같으며, 슬라이드 편 코어는 가공 중 발생할 수 있는 전극의 밀림 현상을 방지하기 위해 방지턱을 고려하였다. 볼트를 조여 측면으로 이동 시켜 사각 생크를 조이기 위해 고정용 볼트 및 사각 생크를 정밀 제작하였다.

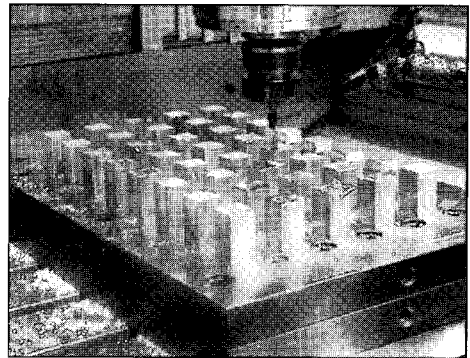
Fig. 11은 개발된 프로그램과 완성된 지그로 순차적 가공하는 모습을 나타내었다. 사용된 고속가공기는 화천 고속가공기의 Sirius-UL이며 콘트롤러는 Meldas이다.



**Fig.10 Jig of 40 type**

**Table 6 parts of jig**

Part name	Part picture	Explanation
Slide Core		Consideration of push bump
Bolt		Bolt size : M8
A square shank		Standardization of electrode size
The upper plate		Process: Cutting, Grinding, Wire EDM, Jig Grinding
The lower plate		



**Fig.11 Machining using 40 type jig**

### 5. 시스템 연계 및 통합운영

개발된 지그 및 소프트웨어를 이용하여 많은 전극을 무인가동으로 고속가공을 할 경우 심각한 공구마모가 발생하며, 공구의 진출, 진입시 무리한 충격으로 공구가 파손될 우려가 있다. 이는 제품 품질에 직접적인 영향을 미치고 있으며, 따라서 가공 중 공구 마모 및 파손을 확인하기 위한 방안으로 공구 측정장치를 연계하였다.공구 측정장치는 Renishaw 사의 제품으로 Tool Setting Probe(TS27R), Probe Interface 로 구성되어 있다. 전체 시스템은 Fig. 12 와 같으며, CON1 은 Probe 에 연결, CON2 는 Controller 와 연결하였다.

을 위한 지그의 최대 물림 수량을 40 개로 정하였다. 먼저 1 차 Prototype 으로 6 개를 장착 할 수 있는 지그로 하여 개발하였으며, 설계에서는 조립도, 가공성, 생산성, 작업안전을 고려하였다. Fig. 9 는 개발된 지그를 나타낸다.

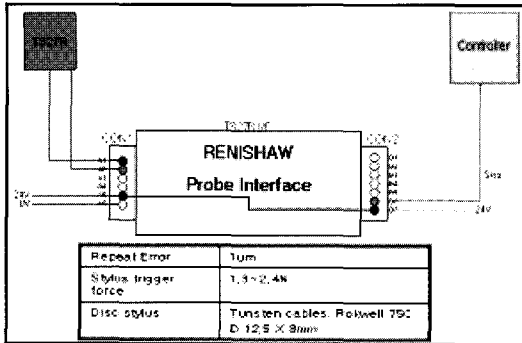


Fig.12 Schematic diagram for measuring system

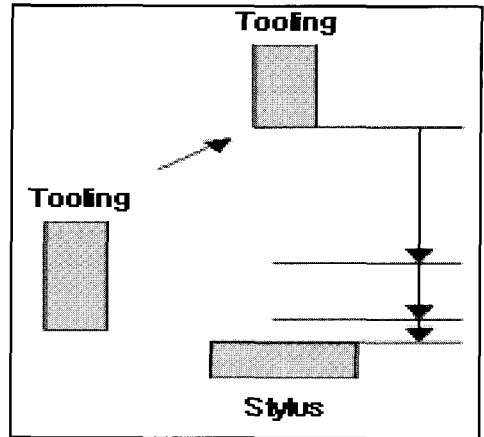


Fig.14 Measuring

### 5.1 공구 측정장치

#### 5.1.1 공구 보정

공구 측정장치는 공구장과 공구경을 측정하여 Controller 의 H 코드의 보정값을 변경한다.

Fig. 13에서와 같이 기준 공구와 Stylus 와의 정확한 중심위치를 찾기 위해 미리 입력한 Calibration Program 번호 O8000을 호출 한다. 코드명령에 따라 Stylus 의 중심에서 공구와의 높이를 10mm 떨어진 곳에 위치 시킨 후 측정을 시작하며, 변경된 값은 콘트롤러의 보정값으로 입력된다.

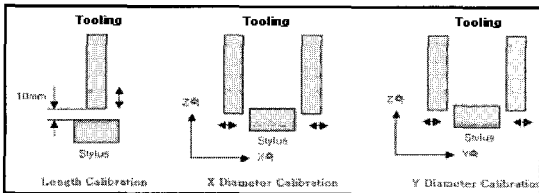


Fig.13 Calibration of stylus

#### 5.1.2 공구 측정

Fig. 14에서 보여지는 것과 같이 Calibration 후 NC File 의 공구코드를 읽어 자동으로 길이를 측정한다. 측정된 공구길이는 미리 측정된 기준공구와의 길이를 비교하여 차이를 콘트롤러의 해당 H 코드값에 입력한다. 공구 측정 코드는 다음과 같다.

G65 P9853 B1(1:Length) Tt(t: Tool Offset Number)

Fig. 15에서와 같이 NC File 에 측정 코드를 입력하여 가공 중 혹은 가공 후 공구의 마모 및 충돌을 사전에 확인하기 위한 방안으로 공구 측정 코드

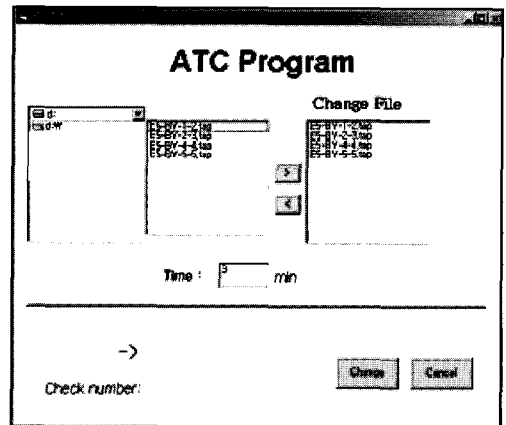


Fig.15 Tool setting program

를 자동 삽입하기 위한 프로그램을 개발하였다.

### 5.2 통합 운용

소프트웨어와 지그 및 측정장치를 연계한 전체 시스템을 재영솔루텍(주)의 부품사업부 휴대폰 전극가공에 적용하였다.

Fig. 16은 전체 시스템에 대해 나타내었으며, 코어, 캐비티 모델링에 생성한 NC File을 개발된 소프트웨어를 이용하여 NC Data을 자동 편집한다. 공구 코드로 합쳐진 하나의 파일은 공구 측정 코드를 삽입한 후 최종 NC File을 기계에 전송하여 가공 한다.

NC File을 기계에 전송한 후 가동 중 측정을 통해 공구 보정을 진행하는 모습을 Fig.17에 나타내었다.

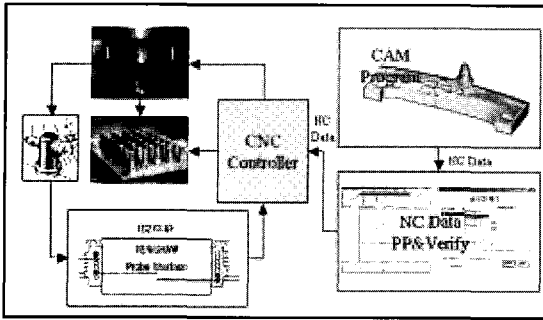


Fig.16 Schematic diagram of electrode cutting

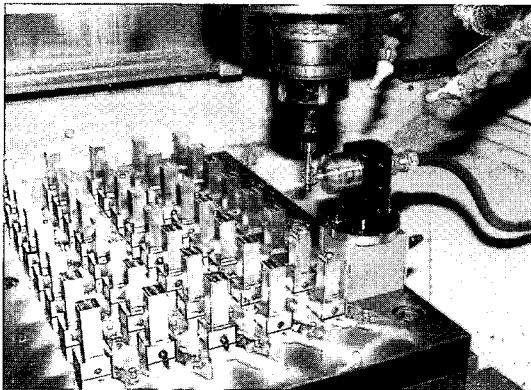


Fig.17 Measuring

## 6. 결 론

금형 단납기의 애로공정으로 인식되어 왔던 전극가공의 무인 가동률을 극대화 할 수 있었다.

전극 총 생산량에 대한 연구 전 과 연구 후에 대한 비교를 Table 7 로 나타내었다. 월 기준 전극 총 생산량은 연구 전에 비해 100% 향상 시켰다.

Table 7 A productivity comparison

Description	Before	After
Preparation time (One time)	120 minute	544 minute
The daytime	30EA	32EA
The night time	6EA	40EA
Total Productivity	36EA(day) 900EA(month)	72EA(day) 1800EA(month)

연구전과 연구 후의 설비가동률 및 전극 생산을 비교하였으며, 연구결과 설비가동률은 23.4%, 전극생산량은 100% 향상되었다.

이상과 같이 얻어진 결론을 요약하면

(1) 수기로 작성되었던 NC File 의 공구 코드 및 절삭 조건등의 표준화 데이터를 소프트웨어로 자동삽입 하여 기계가동률을 극대화 하였다,

(2) 전체 NC File에 대해 NC Data 자동편집과 공구 코드로 조합한 NC Data를 이용하여 생산성을 향상시켰다.

(3) 가공의 무인 가동률 극대화 하여 연구 전에 비해 설비 가동률 23.4%, 전극생산량 100%의 향상으로 생산성을 극대화 하였다.

(4) 기반 기술을 상품화하였으며, 휴대폰 금형업체에 판매하여 매출을 올렸으며, 또한 기술지도를 통해 전극가공의 애로공정을 해결하였다.

## 후 기

본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 2010 생산기반혁신기술개발사업 중 재영솔루텍(주)이 주관하고 있는 납기단축을 위한 사출금형 고속가공 기술개발의 세부과제로 수행되었으며, 이에 도움을 주신 재영솔루텍(주) 부품사업부 관계자 여러분에게 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 한국생산기술연구원, 재영솔루텍(주), 2003 플라스틱제품 및 금형 제조의 단납기 공급을 위한 Global Manufacturing System 구현, 부품소재종합 기술지원사업 1 차년도보고서, Appendix B : Job Order Sheet 의 예.
- [2] 재영솔루텍(주), 한국씨마트론기술(주), 한국생산기술연구원, 2010 생산기반혁신기술개발사업 1 차년도 보고서, pp. 61~63.
- [3] 전안공업전문대학 금형과, 최계광 천안와이어 커팅센터, 1996, 와이어 컷 방전가공 기술의 현황 및 경향, 한국 소성가공학회지, 제 5 권, 제 1 호, pp. 3~7.