

# 플라스틱 부표 금형의 포켓/웹에 대한 자동계측 소프트웨어 모듈설계\*

김 옥 삼

## Modules Design of Automatic Measuring Software for Pocket/Web in Mould for Plastic Float

Ok Sam KIM

Yosu National University

### Abstract

On-machine automatic measuring software from 3-D solid modeler is generally applied to assess the functional performance of a final produce for computer numerical control(CNC) machine. Automatic measuring software may also be performed on individual components of CNC machine in which some functional aspect of the component must be examined and cannot be implicitly determined by means of a mechanical inspection. The manufacturing specialist, combined with the appropriate software simulation, can not only create the commands to drive the virtual measuring but also can check for mistakes by viewing the computer graphics simulation of the tool cutting sequence.

Key Words : on-machine automatic measuring software(온-머신 자동계측 소프트웨어), module design(모듈 설계), pocket/Web(포켓/웹), 3-D solid modeler(3차원 솔리드 모델러) plastic float(플라스틱 부표), Mould(금형)

### 서 론

납해안 가두리 양식장이나 굴 양식장에서 사용되는 여러 종류의 부표는 제품의 생산기간이 단축되면서, 기계 제작을 위한 컴퓨터 통합생산 시스템과 유연 생산시스템의 필요성이 점점 증가하고 있다. 특히 정밀도를 필요로 하는 플라스틱 부표의 금형 제작은, 가공공정이 납기단축과 고품질 유지에 큰 비중을 차지한다. 가공공정에 사용되는 CNC 전용 공작기계들은 종전과 비교하여 절삭성능 및 정밀도가 현저히 우수해졌으며, 가공 후 고정밀도의 3차원 측정기<sup>1)</sup>가 많이 사용되고 있다. 그러나 플라스틱 부표 제작을 위한 금형과 같이 크고 무거운 부품의

기계가공 및 측정시, 공작기계와 측정되어 기계 사이의 빈번한 이동과 재설치는 시간손실을 초래하고 생산성을 저하시키는 요인이 된다. CNC밀링이나 머시닝센터 등에 의한 부품 가공시, 공작기계에 설치된 센서로 공작물을 측정할 수 있어 가공부위의 형상을 파악하고 평가할 수 있다면, 제품의 고품질화와 납기를 단축하는데 도움이 될 것이다.

이와 같이 가공부품을 공작기계 상에서 검사 또는 측정하고자 하는 시도에 관련하여 Barnhill<sup>2)</sup>은 곡선표면에 대하여 컴퓨터의 도움을 받은 형상설계를 하였고, 컴퓨터 그래픽스로 물체 방향을 접근하는 기법을 Kansey<sup>3)</sup> 등이 개발하였다. 또한 형상간섭의 문제해결을 위한 효과적인 접근은 Bruce<sup>4)</sup>가

\*이 논문은 여수대학교 연구지원사업에 의하여 지원되었음  
Author : kos@yosu.ac.kr

모색하였고, Fujimura<sup>5)</sup> 등은 솔리드 모델링에 새로운 개념의 알고리즘을 규명하였다. 그러나 이러한 연구들의 대부분은 와이어 프레임(wire-frame) 방식의 CAD시스템을 기반으로 개발되어 특정형상에의 적용은 가능하지만 다양한 부표 형상을 제작하기 위한 금형의 포켓(pocket)과 웹(web)부분의 적용이 곤란하다.

따라서 3차원 솔리드 모델러로 플라스틱 부표 등의 제작에 사용되는 사출금형의 핵심 부품의 형상인 포켓과 웹에 대한 자동계측 소프트웨어 모듈을 설계하고자 한다. 개발된 소프트웨어 모듈을 통하여 구축된 형상모델(geometric model)로부터 직접계측에 의한 NC-가공자료를 얻을 수 있고, 향후 FRP(fiber reinforce plastic)어구들의 생산공정에 컴퓨터 통합생산(computer integrated manufacturing, CIM)시스템을 구축할 때, 가공과 측정에서 발생하던 시간손실을 방지하는데 효과적일 것이다.

### 평균값과 범위 결정을 위한 통계관리식

곡면이 많은 플라스틱 부표 제작금형의 측정공정에서 발생할 수 있는 요인은 접촉 탐침의 미끄러짐이나, 작업 환경적 불안, 작업 숙련도의 부족, 그리고 동작기계 자체의 내포요인 등 여러 가지 원인에 의하여 측정 오차가 발생할 수 있다. 이렇게 발생한 오차는 일정한 것이 아니라 작업 시 변칙적으로 발생하기 때문에 명확한 규정이 어렵다. 따라서 다양한 발생요인을 감안하고 오차를 최소화하기 위한 방법으로 통계적 품질관리(statistical quality control, SQC) 기법을 적용하였다.

구체적인 방안으로 플라스틱 부표제작을 위한 금형의 계측에서 발생한 자료  $X_1, X_2, \dots, X_n$ 의 평균이  $u$ , 표준편차가  $\sigma/\sqrt{n}$ 인 가우스분포 곡선을 상정한다. 목표치 또는 표준값이 주어진 경우  $X$ 에 대한 윗측 중심선(Upper Center Line, UCL), 중심선(Center Line, CL) 및 아랫측 중심선(Lower Center Line, LCL)은 식(1), (2) 그리고 (3)과 같다.

$$UCL = u + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = u + A\sigma \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$CL = u \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$LCL = u - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = u - A\sigma \quad \dots\dots\dots(3)$$

단,  $A = 3/\sqrt{n}$ 이다. 만약 측정값의 평균과 표준편차를 모르는 경우는 예비표본에서 추정된 값을 이용하여 관리 한계선을 구할 수 있다. 특정한 측정값과 표준편차의 추정치로 관리도의 범위( $R$ )과 반경( $d_2$ )를 이용하여 특정한 측정값들의 윗측 관리도, 중심선 및 아랫측 중심선을 구하면 식 (4), (5) 및 (6)과 같다.

$$UCL = X + \left(\frac{3}{\sqrt{n}}\right)\left(\frac{R}{d_2}\right) = X + A_2 R \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$CL = X \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$LCL = X - \left(\frac{3}{\sqrt{n}}\right)\left(\frac{R}{d_2}\right) = X - A_2 R \quad \dots\dots\dots(6)$$

여기서  $A_2 = 3/\sqrt{n}$ 이다. 위의 결과는 금형 표면 거칠기 품질특성이 가우스 정규분포를 따르는 경우에 성립하지만, 그렇지 않은 경우는 중심 극한정리에 관리도 범위의 평균 및 표준편차가 식(7)과 같다.

$$E(R) = d_2\sigma, \quad D(R) = d_3\sigma \quad \dots\dots\dots(7)$$

표준편차  $\sigma$ 를 알고 있는 경우, 특정한 측정값들의 윗측 관리도, 중심선 및 아랫측 중심선을 구하면 다음과 같다

$$UCL = u_R + 3\sigma_R = (d_2 + 3d_3)\sigma = D_2\sigma \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$CL = u_R = d_2\sigma \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$LCL = u_R - 3\sigma_R = (d_2 - 3d_3)\sigma = D_1\sigma \quad \dots\dots\dots(10)$$

$\sigma$ 를 모르는 경우,

$$UCL = R + 3d_3R/d_2 = D_4R \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$CL = R \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$LCL = R - 3d_3R/d_2 = D_3R \quad \dots\dots\dots(13)$$

와 같이 구할 수 있다. 여기서

$$D_1 = d_2 - 3d_3 \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$D_2 = d_2 + 3d_3 \quad \dots\dots\dots(15)$$

$$D_3 = 1 - 3d_3/d_2 \quad \dots\dots\dots(16)$$

$$D_4 = 1 + 3d_3/d_2 \quad \dots\dots\dots(17)$$

이다.

## 자동계측 소프트웨어 모듈의 구성

### 1. 자동계측 소프트웨어 모듈의 개발환경

플라스틱 부표생산을 위한 금형제작용 CNC기계는 파낙제어기(FANAC OM Controller)<sup>6)</sup>가 장착된 수직형 머시닝센터를 사용하였다. 측정센서는 NC-코드에 의하여 작동이 가능한 영국 Renishaw사의 접촉식 탐침<sup>7)</sup>이고, 소프트웨어 모듈의 개발은 Unigraphics (Version 13, 이하 UG라 함)에서 제공되는 GRIP Function<sup>8)</sup>을 이용하였다. 즉, UG에 측정메뉴를 설정하고 CAD 작업자가 모델링한 기하학적 형상모델(geometric model)을 받아서 측정작업자 또는 가공기술자가 원하는 부분을 지정함으로써, 탐침 작동동작을 위한 NC-코드가 자동 생성되도록 하였다. 컴퓨터에 저장된 측정 자료는, UG 환경에서 초기에 모델링된 자료와 비교하여 가공정밀도를 평가할 수 있다. 자동 출력된 NC-코드는 FANUC OM에서 구동하도록 Macro-B Type<sup>9)</sup>으로 프로그래밍되었다. 또한 유저(user) 위주로 사용편의를 제공할 목적으로 입력자료를 최소화함으로써, 자동계측 소프트웨어 모듈의 단순화를 도모하였다.

### 2. 자동계측 소프트웨어 모듈의 구조

자동계측 소프트웨어 모듈에 대한 전체적인 구조는, Fig. 1에 나타난 것과 같이, 크게 4개의 모듈과 9개의 서브모듈(sub module)로 이루어졌다. 표면 측정모듈의 경우는 측정지점에 대하여 법선벡터(normal vector)를 따라 접근하는 방식과, 방향 단위벡터(direction unit vector)인  $i, j, k$  성분 중 가장 큰 성분 방향으로 접근하는 2가지 방식을 모두 고려하였다. 기본 개념은 솔리드 정보에서 표면 정보를 획득하고, 그 측정대상을 표면으로 확장시킴으로써 결과적으로 측정 소프트웨어 모듈의 통합이 가능하였다. 아울러 유저의 인터페이스(interface) 기능성을 향상시켜 복합모듈 개발에 필요한 기반을 확보하였다.

상기의 과정을 통하여 UG상의 표면 자료를 직접 제어함으로써, 소프트웨어 모듈들은 공통적인 기본 알고리즘(algorithm)을 보유한다. 구체적으로 설명하면 메인메뉴(main menu)를 실행하여 측정 모듈과 표면을 선택하고, 파라미터를 지정하면 U-V 벡터에 의해 측정점이 생성된다. 측정점에서 법선벡터를 샘플링한 후, 탐침의 움직임으로 자동 측정된

NC-코드를 정보전달을 위한 케이블을 통해 CNC 머시닝센터로 이송한다. 측정자료를 취득한 후, CAD자료와 비교하는 과정을 흐름도로 나타내면 Fig. 2와 같다.

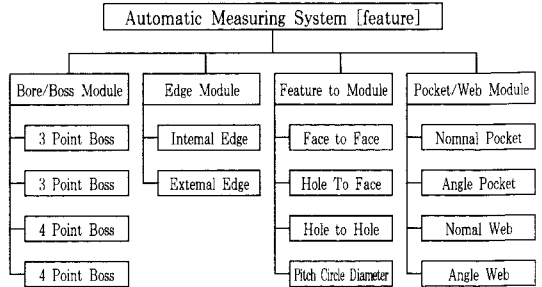


Fig. 1. Total structures of automatic measuring software modules.

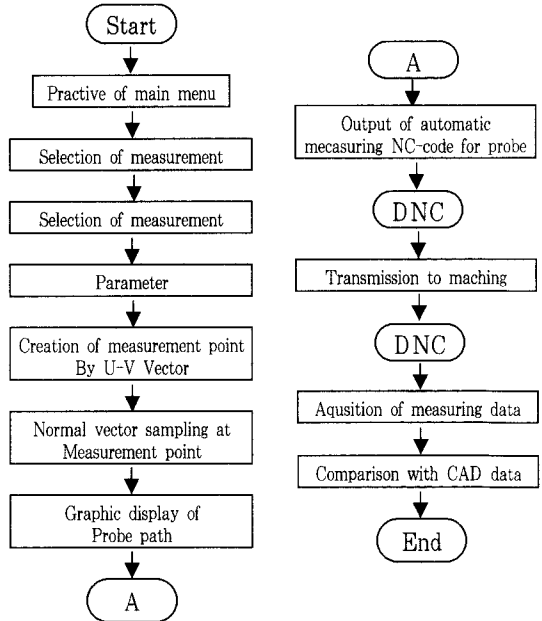


Fig. 2. Flow diagrams of automatic measuring software modules.

### 포켓/웹의 측정 소프트웨어 모듈

포켓/웹의 측정 소프트웨어 모듈은 포켓과 웹의 형상정보 즉, 폭(width)과 절대좌표가 이루는 각도를 출력한다. 금형의 조립 및 결합부분에서 많이 사용되는 형상인 포켓과 웹은 Fig. 3과 같이 4개 서브모듈(sub module)이 있다.

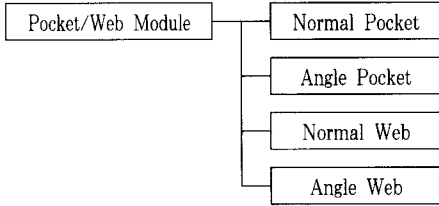
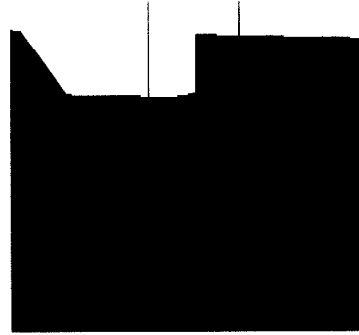


Fig. 3. Structure of pocket/web modules.

또한 변에 직각인 노말 포켓과 웹 그리고 변에 대해 일정한 각도를 가진 앵글 포켓과 웹으로 구성되었고 구체적인 기본 형상들은 Fig. 4.과 같다.



(d) Angle web

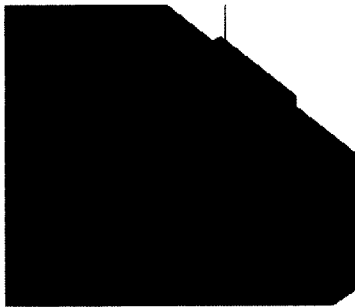
Fig. 4. Standard shapes of pocket/web.

### 1. 노말 포켓의 측정 소프트웨어 모듈

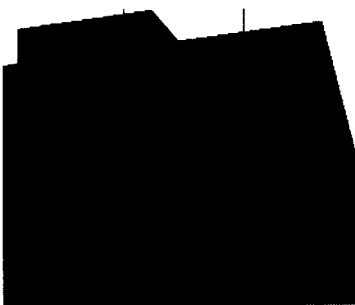
노말 포켓의 측정 소프트웨어 모듈은 Fig. 5의 (a)그림과 같이 포켓의 위치가 좌표축의 x, 또는 y 축과 일치할 경우에 사용되는 모듈이다. 파라미터는 시작높이(st. z-high)와 측정점수(MEA. number), 측정높이(MEA. height)를 Fig. 5의 (b)와 같은 포맷으로 정리되어 입력한다. 실행결과로 Fig. 5의 (c)처럼 포켓의 x, y좌표와 폭이 세련된 툴박스로 처리되어 모니터 상에서 출력된다.



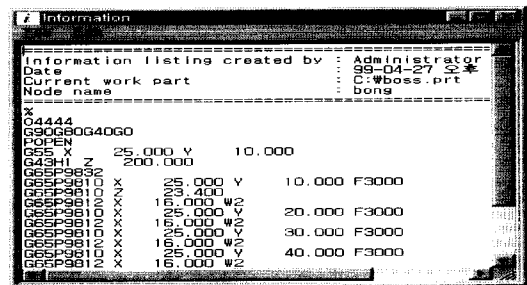
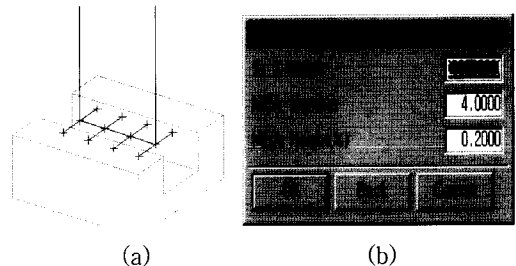
(a) Normal pocket



(b) Normal web



(c) Angle pocket



(c)

Fig. 5. Measurements of normal pocket.

### 2. 노말 웹의 측정 소프트웨어 모듈

노말 웹의 측정 소프트웨어 모듈은 Fig. 6의 (a)에서 알 수 있듯이, 웹의 위치가 좌표축의 x 또는 y 축과 일치할 경우 사용되는 모듈이다. 파라미터는 시작높이(st. z-high)와 측정점 수(MEA. number), 측정높이(MEA. height)를 Fig. 6의 (b)와 같이 입력할 수 있도록 설계하였다. 실행 결과로 포켓 폭이 Fig. 6의 (c)와 같이 x, y좌표와 위치결정 G코드 및 이송속도 F코드 등과 모니터링 된다.

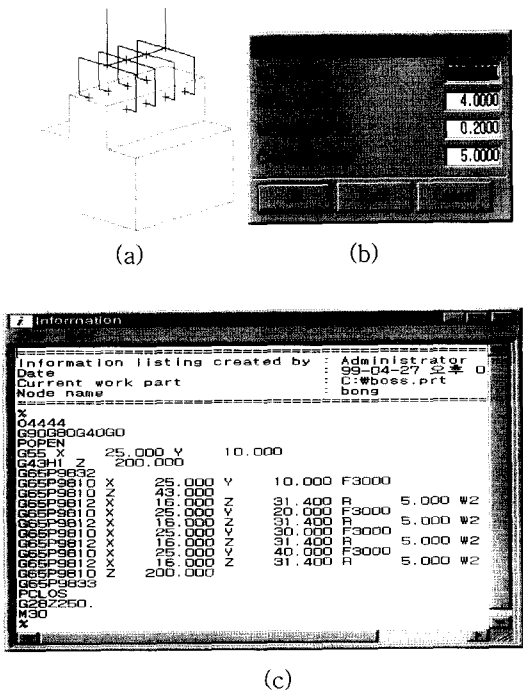


Fig. 6. Measurement of normal webs.

### 3. 앵글 포켓의 측정 소프트웨어 모듈

앵글 포켓의 측정 소프트웨어 모듈은 포켓의 위치가 좌표축의 x, 또는 y축의 변과 일치하지 않고, Fig. 7의 (a)그림과 같이 베이스 블록(base block) 위에 임의의 각도로 기울어진 포켓의 경우에 사용되는 모듈이다. 파라미터는 Fig. 7의 (b)와 같이 시작높이(st. z-high), 측정점 수(MEA. number) 및 측정높이(MEA. height)를 입력받는다. 실행 결과는 Fig. 7의 (c)처럼 포켓 폭과 좌표축 x가 이루는 각을 출력한다.

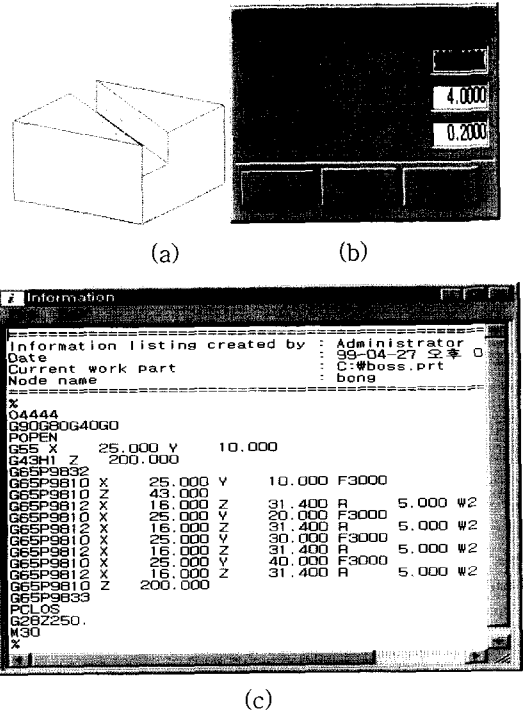


Fig. 7. Measurement of angle pockets.

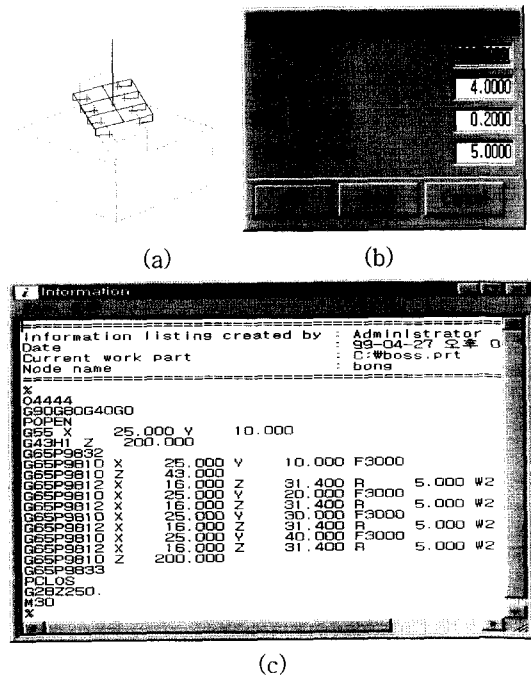


Fig. 8. Measurement of angle webs.

#### 4. 앵글 웹의 측정 소프트웨어 모듈

앵글 웹의 측정 소프트웨어 모듈은 측정할 때 웹의 위치가 좌표축의 x, 또는 y축의 변과 일치하지 않고, Fig. 8의 (a)와 같이 베이스블록 위에 임의의 각도로 기울어진 웹이 있는 경우 사용되는 모듈이다. 파라미터는 Fig. 8의 (b)그림과 같이 시작높이(st. z-high), 측정점 수(MEA. number) 및 측정높이(MEA. height)를 입력받는다. 실행결과는 Fig. 8의 (c)처럼 웹의 폭과 좌표축의 x가 이루는 각을 출력하여 작업자의 판단능력을 제고시켰다.

### 결론

연안 양식장에서 사용하는 플라스틱 부표 제작을 위한 금형의 제작납기 단축 면에서 공작물을 CNC 공작기계에서 분리하지 않고, 직접 측정하는 자동계측 소프트웨어 시스템 개발이 필요하다. 본 연구에서는 유저가 사출금형 핵심부품의 기본형상인 포켓과 웹에 대한 측정위치를 3차원 솔리드 모델로 지정함으로써, 자동적으로 측정 NC-자료를 얻을 수 있는 소프트웨어 모듈의 알고리즘을 개발하였다.

구체적인 결과로서, 유저 인터페이스 기능을 향상시킨 포켓/웹의 형상에 대한 측정 소프트웨어 모듈 측정에 필요한 절차를 단축할 수 있었다. 금형의 특정 형상에 대한 측정 소프트웨어를 개발하여 활용범위를 확대하여 자동계측 소프트웨어시스템을 구축하는데 도움이 되는 기초 자료를 얻었다. 앞으로는 현장의 관련 부서 작업자들이 자동계측 소프트웨어의 활용으로 CAD/CAM 및 CAT(computer aided testing)의 측정 자료를 공유함으로써, 가공과 측정정밀도와 품질의 신뢰성을 공히 향상시킬 수 있을 것이다.

### 참고문헌

- 1) Kakino, Y. and Ihara, Y. (1990) : Development of Machining and Measuring Center, and Evaluation of its Performance, Japan-U.S.A Symposium on Flexible Automation-A Pacific Conference, 189-195.
- 2) Barnhill, R. E. (1985) : Surface in Computer Aided Geometric Design : A Survey with New Results, Computer-Aided Geometric Design 2(1), 1-17.
- 3) Kansey, K. and Wisskirchen, P. (1984) : An object-oriented approach towards a new API for computer graphics. Document ISO/TEC JTC1 SC24 WGI N94.
- 4) Bruce, R. T.(1980) : Set Membership Classification : A Unified Approach to Geometric Intersection Problems, IEEE Transaction on Computers 29 (10), 874-883.
- 5) Fujimura, K., Toriya, H. and Yamaguchi, K. (1983) : Octree Algorithms for Solid Model-ing, In Computer Graphics-Theory and Applications, T. Kunii, ed. NewYork : Spring-Verlag.
- 6) FANUC (1990) : FANUC Series 0-MC, 00- MC, 0-Mate MC 취급설명서.
- 7) R. Renishaw, (1995) : Inspection Plus Soft-Programming Manual.
- 8) EDS(1996) : UG/Open GRIP Reference.
- 9) FANUC(1992) : FANUC 기술연구소 자료 (Custom Macro코스).

---

2004년 1월 19일 접수

2004년 3월 4일 수리