



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl.	(45) 공고일자	2007년02월01일
<i>B23Q 5/00</i> (2006.01)	(11) 등록번호	10-0676626
<i>B23Q 5/22</i> (2006.01)	(24) 등록일자	2007년01월25일

(21) 출원번호	10-2005-0110815	(65) 공개번호
(22) 출원일자	2005년11월18일	(43) 공개일자
심사청구일자	2005년11월18일	

(73) 특허권자 창원대학교 산학협력단
 경남 창원시 사림동 9 창원대학교내

(72) 발명자 정윤교
 경남 창원군 성산면 연당리 678-1

 황종대
 경남 창원시 대방동 대동아파트 101동 405호

(74) 대리인 조주영

(56) 선행기술조사문헌
US05474406A *
* 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 김친희

전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 5축 가공용 범용 이-포스트 시스템

(57) 요약

본 발명은 5축 가공기를 제어하기 위하여 범용성을 가진 이-포스트 시스템에 관한 것으로서, 좀더 상세하게는 각 기계 메커니즘에 대한 일반 해를 제시함과 동시에 대표적인 5가지 메커니즘에 대한 역 기구 해를 제시하고, 피봇길이와 게이지길이의 입력 및 적용이 가능하며, 위상반전 문제의 해결을 통한 무한증분 회전방식이 가능하고, 기계 이송한계의 설정이 가능한 범용 포스트프로세서의 구성을 제공하여 사용자가 용이하게 5축 가공기를 작동할 수 있도록 한 것을 특징으로 한다.

대표도

도 3

특허청구의 범위

청구항 1.

뒤틀린 형상의 자유곡면을 가공하거나 가공하기 어려운 곡면을 가공하기 위하여 3개의 직선이송 축에 2개의 회전이송 축을 추가하여 공구자세를 자유롭게 변화하는 5축 가공기에 있어서;

공구자세 축의 단위벡터를 이용한 역함수로부터 로테이션 각과 틸팅 각을 구하고, 상기 로테이션 각과 틸팅 각으로 파트좌표계의 값을 기계좌표계로 맵핑하여 범용성을 갖춘 것을 특징으로 하는 5축 가공기용 범용 이-포스트.

청구항 2.

제 1항에 있어서,

로테이션 각은 $k_{ij} : \Theta_j = -[\cos^{-1}\{\frac{u_k}{\sqrt{u_k^2 + u_i^2}}\}]$ 식으로 구하고,

수직형 틸팅 각은 $k_{ij} : \Theta_i = \cos^{-1}(u_j)$ 식으로 구하며,

수평형 틸팅 각은 $k_{ij} : \Theta_i = \sin^{-1}(u_j)$ 식으로 구하는 것을 특징으로 하는 5축 가공기용 범용 이-포스트.

청구항 3.

뒤틀린 형상의 자유곡면을 가공하거나 가공하기 어려운 곡면을 가공하기 위하여 3개의 직선이송 축에 2개의 회전이송 축을 추가하여 공구자세를 자유롭게 변화하는 5축 가공기에 있어서;

피봇길이와 게이지길이의 적용을 통하여 로테이션 각과 틸팅 각을 구하고, 상기 로테이션 각과 틸팅 각으로 파트좌표계의 위치데이터를 기계좌표계로 맵핑하여 커터 위치설정 데이터를 구하며, 상기 커터 위치설정 데이터를 각 기계 메커니즘에 맞는 NC 데이터로 변환하는 것을 특징으로 하는 5축 가공기용 범용 이-포스트.

청구항 4.

제 3항에 있어서, 커터 위치설정 데이터를 NC 데이터로의 변환은

APT [$\vec{P_p}, \vec{u}$] $\Rightarrow$ NC [$\vec{P_m}, \Theta_i, \Theta_j$] 식으로 변환하는 것을 특징으로 하는 5축 가공기용 범용 이-포스트.

청구항 5.

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 5축 가공기를 제어하기 위하여 범용성을 가진 이-포스트 시스템에 관한 것이다.

일반적인 5축 가공기는 3개의 직선이송 축에 2개의 회전이송 축을 추가함으로써 주어진 커터-접촉점(CC : Cutter Contact Point) 데이터에 대하여 공구의 자세가 자유롭기 때문에 3축 가공기로는 가공이 불가능하던 언-컷(Un-Cut) 곡면이나 뒤틀린 형상의 자유 곡면에 대하여 효과적인 가공을 수행할 수 있을 뿐만 아니라 공구자세 변화를 통하여 가공효율 및 생산성을 높일 수 있는 가공기이다.

종래기술로는 등록특허 10-0254907호(2000.02.08 등록)가 있는데, 그 구성은 3축 수치제어 동작기계와 2축 인덱싱 테이블을 이용하여 5축 자유곡면을 가공하는 방법에 관한 것으로, 인덱싱 테이블에 가공할 공작물을 고정시킨 상태에서 인덱싱 테이블의 셋업 자세를 조정하고 인덱싱 테이블의 각각의 셋업 자세마다 동작 되어야할 3축 수치제어 동작mechanism의 동작을 제어하는 가공 제어 정보를 구하며, 셋업 자세 정보 및 가공 제어 정보는 주어진 가공 곡면으로부터 공구 밀면 간섭을 배제한 커터 위치설정 데이터를 산출하고, 충돌을 고려한 커터 위치설정 데이터의 가공정보를 이진수 테이블 형태로 기록하는 이진수 가공성 테이블을 작성하고, 상기 이진수 가공성 테이블을 이용하여 최소 셋업 자세를 산출하고, 상기 각 셋업 자세에서의 가공영역 및 가공경로를 생성하는 단계를 포함하는 구성이다.

그러나 상기의 종래기술 및 일반적인 5축 가공기는 워크좌표계의 커터위치설정(CL : Cutter Location) 데이터를 실제 기계가 구동하기 위한 수치제어(NC) 데이터로 변환하는 포스트프로세싱(Post-Processing) 과정의 난해함과, 5축 가공기의 메커니즘은 회전이송 축이 테이블(Table)과 스핀들(Spindle)에 추가되는 방식에 따라 구성(Configuration)에 영향을 미쳐 순서 조합의 수가 매우 다양해지므로 포스트프로세싱 시 현장기술자들이 어려움 없이 주어진 5축 가공기에 맞는 NC 변환 작업을 원활히 수행할 수 있도록 해당 5축 가공기의 메커니즘을 정확하게 설정해 주는 작업이 필수적으로 부가되어야 하지만 기존의 포스트프로세서(Post-Processor)들은 특정 메커니즘에 국한되어 있거나 사용자가 직접 해당 메커니즘을 새롭게 정의해야 하는 방식이므로 사용자가 용이하게 5축 가공기를 작동하기에 어려움이 많다는 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기의 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 상세하게는, 각 기계 메커니즘에 대한 일반 해를 제시함과 동시에 대표적인 5가지 메커니즘에 대한 역 기구 해를 제시하고, 피벗길이(Pivot Length)와 게이지길이(Gage Length)의 입력 및 적용이 가능하며, 위상반전 문제의 해결을 통한 무한증분 회전방식이 가능하고, 기계 이송한계의 설정이 가능한 범용 포스트프로세서(= 이-포스트)의 구성을 제공하여 사용자가 용이하게 5축 가공기를 작동할 수 있도록 한 것에 그 목적이 있다.

발명의 구성

본 발명은 상기의 목적을 달성하기 위한 것으로서, 상세한 설명은 첨부된 도면을 참조하여 설명하기로 한다.

도 2는 본 발명의 5축 가공용 범용 이-포스트 시스템에 범용성을 부여하기 위하여 제시된 5축 가공기의 5가지 메커니즘도, 도 3은 본 발명의 5축 가공용 범용 이-포스트 시스템의 구현도, 도 4는 본 발명의 이송한계의 설정도, 도 5는 본 발명의 가공도로서 a)는 모의가공도 이며 b)는 실제가공도 이다.

본 발명의 설명에 앞서 5축 가공기에 대하여 좀 더 언급하자면, 5축 가공기는 크게 3가지 형태의 메커니즘을 갖는데, 첫째는 회전하고 틸팅하는 2개의 회전이송 축을 주축에 장착하는 것(Head Tilting - Head Rotation, 이하 HT-HR)이며, 둘째는 3축 밀링 기계에 로테이션과 틸팅을 수행하는 2축 로터리 테이블을 올려놓는 것(Table Tilting - Table Rotation, 이하 TT-TR)이며, 마지막으로로는 로터리 테이블과 틸팅이 가능한 회전공구 축을 갖는 것(Head Tilting - Table Rotation, 이하 HT-TR)이고, 세 가지로 구분한 메커니즘은 또다시 무한회전을 하는 로테이션 각과 유한회전을 하는 틸팅 각의 조합방식에 따라 각각 AB, AC, BC 타입으로 나누어지므로 총 9가지 메커니즘이 파생되며 수평형과 수직형 밀링에 각각 정의하면 총 18가지가 된다.

도 2에서는 상기의 여러 가지 5축 가공기의 조합 중에서 현재 가장 널리 보급되어 사용되는 5가지의 메커니즘을 도시하였는데, 본 발명에 범용성을 부가하기 위한 것으로 기구학적 해를 얻기 위하여 공구자세 축의 단위벡터를 사용한 역함수로부터 로테이션 각과 틸팅 각을 구한 후 이들을 이용하여 파트좌표계를 머신좌표계로 맵핑한다.

상기에서 제시된 5가지의 메커니즘에 대한 로테이션 각의 일반식은 식(1)과 같다.

$$k_{ij} : \Theta_j = - [\cos^{-1} \{ \frac{u_k}{\sqrt{u_k^2 + u_i^2}} \}] \text{-----} (1)$$

여기서, K_{ij} 는 해당 메커니즘 타입으로 아래 첨자 i, j, k 는 각각 회전중심축 x, y, z 를 의미한다.

예를 들어 K_{ik} 는 회전중심축이 x 인 A와 회전중심축이 z 인 C로 이루어진 AC 타입을 의미하며, 이때 Θ_k 는 회전중심축이 z 인 C의 각도를 의미한다.

u_i, u_j, u_k 는 각각 x, y, z 방향에 대한 공구자세 축의 단위벡터이다.

각 메커니즘에 대한 틸팅 각은 식 (2) 및 식 (3)과 같이 일반화할 수 있으며, 식 (2)는 수직형 5축 가공기에 식(3)은 수평형 5축 가공기에 적용할 수 있다.

$$k_{ij} : \Theta_i = \cos^{-1}(u_j) \text{-----} (2)$$

$$k_{ij} : \Theta_i = \sin^{-1}(u_j) \text{-----} (3)$$

여기서, Θ_i 는 각 메커니즘에서의 틸팅 각을 의미한다.

다음으로는 게이지길이 및 피봇길이의 적용을 통한 머신좌표계로의 맵핑로테이션 각과 틸팅 각이 주어지면 파트좌표계에서 주어진 위치데이터를 기계좌표계로 맵핑해주어야 한다.

HT-HR인 메커니즘의 경우는 공작물의 회전이 일어나지 않기 때문에 파트좌표계와 기계좌표계가 동일하며 식 (4)와 같다.

$$\vec{P_m} = \vec{P_p} \text{-----} (4)$$

여기서, $\vec{P_m}$ 은 머신좌표계의 위치벡터이고, $\vec{P_p}$ 는 파트좌표계의 위치벡터이다.

TT-TR인 메커니즘은 공작물이 테이블 위에서 로테이션과 틸팅을 수행하기 때문에 각각의 회전각을 사용한 회전변환을 하며 식 (5)와 같다.

$$k_{ij} : \vec{P_m} = \vec{P_p} \cdot R_j(-\Theta_j) \cdot R_i(-\Theta_i) \text{-----} (5)$$

여기서, $R_j(-\Theta_j)$ 는 로테이션 각에 의한 회전변환 행렬을, $R_i(-\Theta_i)$ 는 틸팅 각에 의한 회전변환 행렬을 나타낸다.

HT-TR인 경우는 공작물이 테이블 위에서 로테이션을 수행하기 때문에 로테이션 각을 사용한 회전변환을 해준 뒤 헤드기 틸팅함에 따른 이동변환을 수행해야 하며 식(6)과 같다.

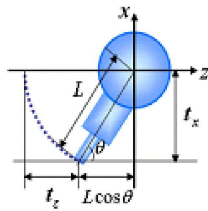
$${}_{k_{ij}} \vec{P}_m = \vec{P}_p \cdot R_j(-\theta_j) \cdot T(t_i, t_j, t_k) \text{ ----- (6)}$$

여기서, $T(t_i, t_j, t_k)$ 는 틸팅에 따른 이동변환행렬로서 틸팅 각이 B인 경우 t_i, t_j, t_k 는 다음과 같다.

$$t_i = t_x = L \cdot \sin \theta,$$

$$t_j = t_y = 0,$$

$$t_k = t_z = -(L - L \cdot \cos \theta)$$



이상과 같이 구한 로테이션각, 틸팅각 및 기계좌표로 맵핑한 위치데이터를 통하여 주어진 CL 데이터를 각 기계 메커니즘에 맞는 NC 데이터로 변환할 수 있으며 식 (7)과 같이 표현할 수 있다.

$${}_{APT} [\vec{P}_p, \vec{u}] \Rightarrow {}_{NC} [\vec{P}_m, \theta_i, \theta_j] \text{ ----- (7)}$$

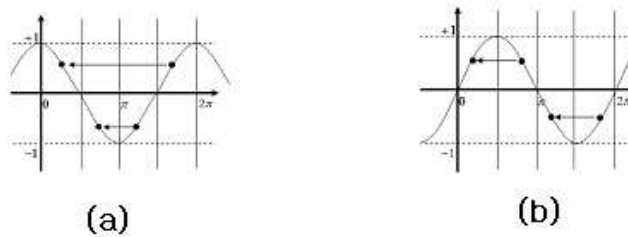
다음으로 위상반전 시 회전각 및 무한증분 회전각도에 대하여 설명한다.

삼각함수를 이용하여 로테이션 각과 틸팅 각을 정의하면 < 그림 1 >과 같은 위상반전문제가 발생한다.

즉, 역함수를 통하여 얻은 회전각도는 주기함수의 특성상 2 이내의 값으로 정해지며 그 중에서도 작은 값으로 나타난다.

사인함수는 $\pi/2$ 및 $3\pi/2$ 를 축으로 작은 값으로, 코사인함수는 π 를 축으로 작은 값으로 나타나며 이는 기계가공시 오동작을 초래하는 원인이 된다.

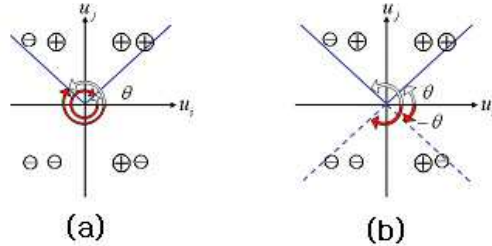
또한 탄젠트 함수는 $\pi/2$ 및 $3\pi/2$ 인 구간에서 무한대가 되므로 사용 자체가 불가능하다.



< 그림 1 : (a)는 cos 그래프, (b)는 sin 그래프 >

따라서 위상반전 시에 발생하는 오류 값을 수정하기 위한 조건이 필요하며 < 그림 2 >와 같이 u_i 및 u_j 의 부호가 속한 사분면을 정의한 후 식 (8)과 같이 수정된 각도값에 대한 알고리즘을 정의할 수 있다.

< 그림 2 >의 (a)와 같이 1·2 사분면에 역함수 값이 존재하면 위상반전 문제는 없고 시계방향으로 전환하기 위한 식 (8-1)을 적용하며, (b)와 같이 3·4 사분면에 존재하면 위상반전에 따라 1·2 사분면의 값으로 나타나므로 실제 값으로 수정하기 위한 식 (8-2)를 적용한다.



< 그림 2 : (a)는 1·2 사분면, (b)는 3·4 사분면 >

If $u_j > 0$ then $\Theta = -360 + \Theta$ ----- (8-1)

ElseIf $u_j < 0$ then $\Theta = -360 + (360 - \Theta)$ ----- (8-2)

ElseIf $u_i > 0, u_j = 0$ then $\cos^{-1} 1 = 0^\circ$ ----- (8-3)

ElseIf $u_i = 0, u_j > 0$ then $\cos^{-1} 0 = -270^\circ$ ----- (8-4)

ElseIf $u_i < 0, u_j = 0$ then $\cos^{-1} (-1) = -180^\circ$ ----- (8-5)

ElseIf $u_i = 0, u_j < 0$ then $\cos^{-1} 0 = -90^\circ$ ----- (8-6)

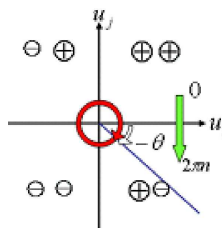
삼각함수는 2π 를 주기로 하는 주기함수이므로 역함수를 이용하여 각도를 구하면 충분하지 않고 2π 이내의 값만 구해진다.

따라서 < 그림 3 >과 같이 각도가 충분되기 시작하는 구간을 설정하여 이 범위를 지나는 역함수가 나오면 식 (9)와 같이 계산해준다.

즉, 1 사분면에서 4 사분면으로 역함수의 값이 변화할 때마다 $2\pi n$ 씩 회전각에 곱해준다.

If $u_i(n-1) \geq 0, u_j(n-1) > 0$ and

$u_i(n) > 0, u_j(n) \leq 0$ Then $\Theta = 2\pi n\Theta$ ----- (9)



< 그림 3 >

다음으로 기계이송한계의 설정에 대하여 설명한다.

도 4에서는 5축 가공기마다 직선이송한계와 회전이송한계가 다르므로 포스트프로세싱 시 각 기계의 규격에서 제시하는 이송한계를 정의해 주고 이를 넘어서는 값이 출력될 경우 에러 메시지를 띄어야 하므로, 이-포스트의 입력창에 이송한계를 정의해주는 기능을 추가하였으며, 도 4의 a)의 기계한계(Machine Limit)에 보이는 바와 같이 최소·최대 한계 값을 입력할 수 있도록 하였다.

사용자가 손쉽게 분별 및 파악 가능한 프레임 설계를 하였는데, 상기와 같이 정의한 포스트프로세서 관련 정보를 통하여, 도 3과 같이 이-포스트(E-POST = PP : 포스트프로세서)를 구현하였으며 소프트웨어를 실행하면 도 3의 (a)와 같은 안내 화면이 먼저 나타나고, 도 3의 (b), (c), (d), (e), (f)는 이-포스트에서 5가지의 대표적인 5축 가공 메커니즘을 각각의 탭페이지에서 손쉽게 사용할 수 있도록 하였다.

도 4의 a)는이송한계의 설정이며, b)는 무한증분 회전등의 회전각도 방식정의를 나타내며, c)는 피봇길이 및 게이지길이 값 입력기능 등을 포함한다.

따라서 기존의 포스트프로세서에 비하여 매우 시각적이며 각 메커니즘에 대한 분별이 용이하며 입력 값의 설정이 간편하도록 되어있는 장점을 확보할 수 있다.

도 5에서는 이-포스트를 통하여 변환한 NC 데이터를 사용하여 가공을 수행하는 것을 도시하였는데, a)는 모의가공을 수행하여 NC 데이터의 적합성 여부를 검증하고, 그 다음에 b)와 같은 실제 가공을 수행한다.

발명의 효과

상기와 같이 구성된 본 발명의 이-포스트는 첫째 대부분의 메커니즘을 수용하는 범용성을 갖추었으며, 둘째 피봇길이 및 게이지길이 입력기능을 가지며, 셋째 위상반전 문제 해소를 통한 360도 이내 회전과 무한증분 회전의 동시 사용이 가능하며, 넷째 기계이송 한계 값의 설정기능 등을 제공하는 5축 가공용 포스트프로세서를 제공하여, 사용자가 5축 가공기를 용이하게 사용할 수 있도록 한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 종래 5축 자유곡면 가공방법을 도시한 순서도

도 2는 본 발명의 5축 가공용 범용 이-포스트 시스템에 범용성을 부여하기 위하여 제시된 5축 가공기의 5가지 메커니즘도

도 3은 본 발명의 5축 가공용 범용 이-포스트 시스템의 구현도

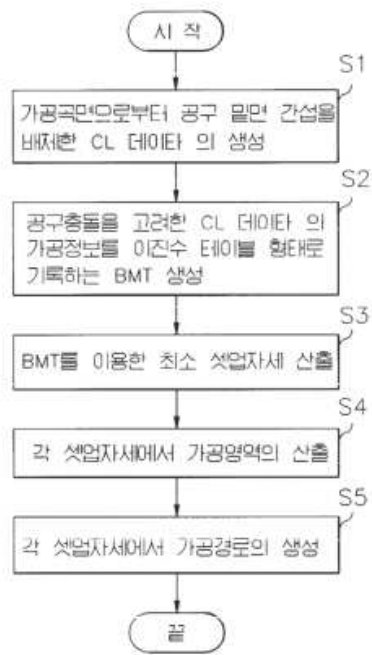
도 4는 본 발명의 이송한계의 설정도

도 5는 본 발명의 가공도로서

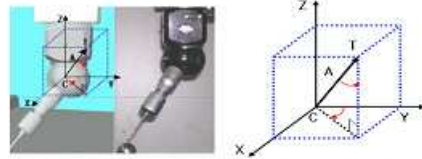
a)는 모의가공도, b)는 실제가공도

도면

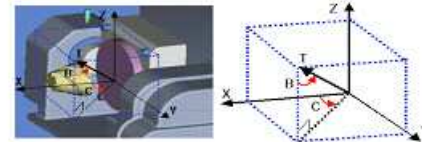
도면1



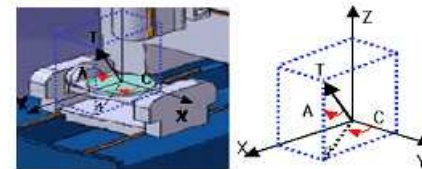
도면2



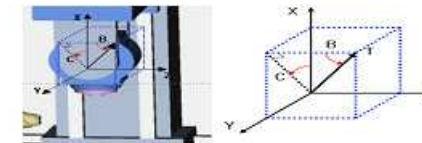
1) HT-HR AC(Merin CMM, Ims, England)



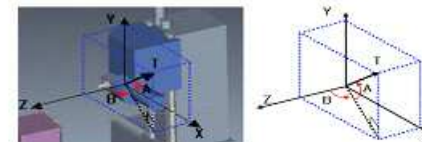
2) TT-TR BC(X-120, Niken, Japan)



3) TT-TR AC (VMCT, Daewoo, ROK)

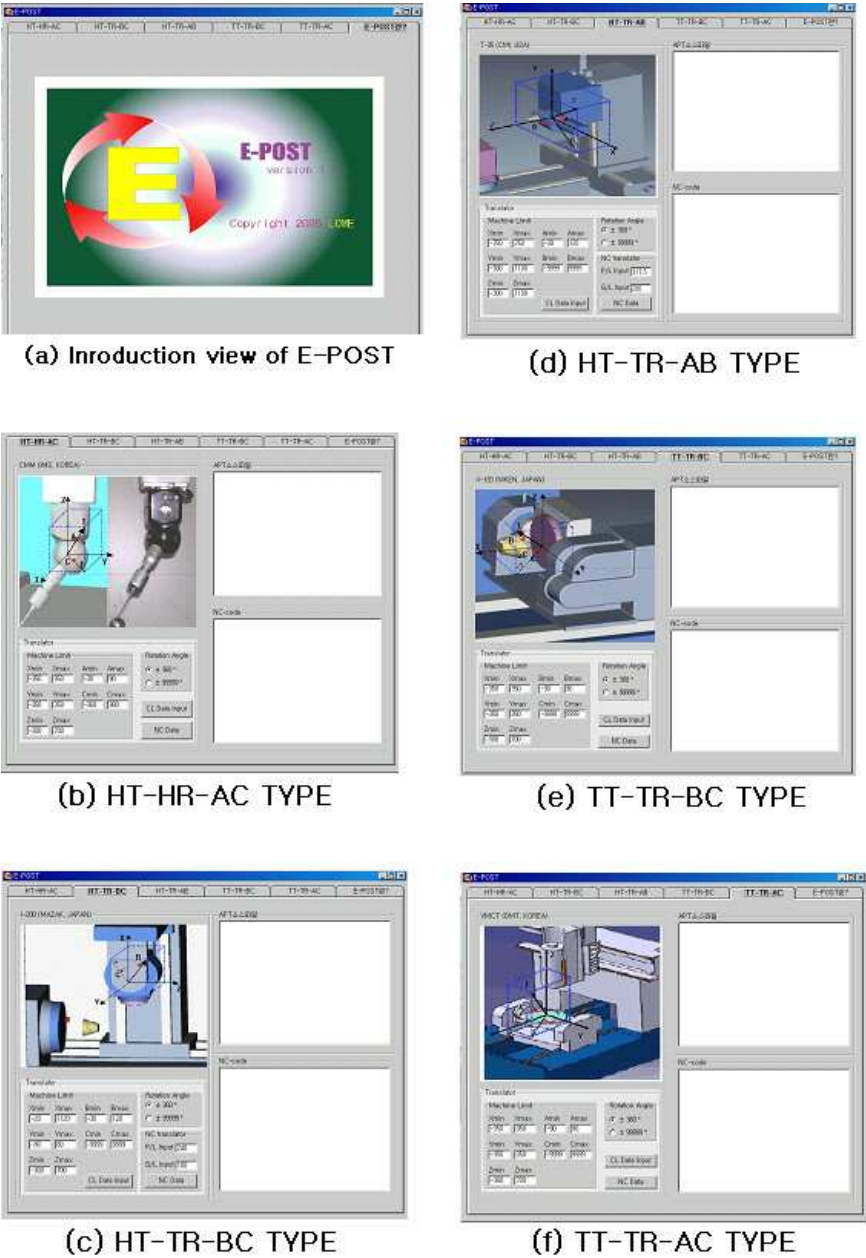


4) HT-TR BC(I200, Mazak, Japan)

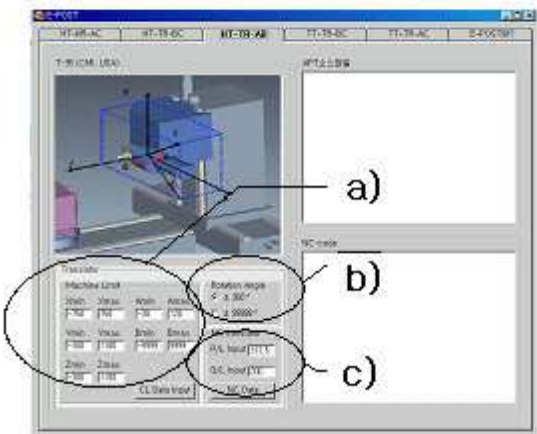


5) HT-TR AC(T35, CMI, USA)

도면3



도면4



도면5

