

## 5축가공용 E-POST 의 실용화에 관한 연구

### A Study on the Improvement of Practicality of E-POST for 5-Axis Control Machining

\*정현철<sup>1</sup>, 박기범<sup>2</sup>, 황중대<sup>3</sup>, #정윤교<sup>4</sup>

\*H. C. Jung<sup>1</sup>, K. B. Park<sup>2</sup>, J. D. Hwang<sup>3</sup>, # Y. G. Jung(ygjung@changwon.ac.kr)<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup> 창원대학교 기계공학과, <sup>2</sup>창원대학교 대학원 기계공학과, <sup>3</sup>창원대학교 TIC

Key words : 5 axis Control Machining, Post Processor, E-Post

#### 1. 서론

이전 연구<sup>(1)</sup>를 통하여 사용상의 편리성을 도모한 5축가공용 E-POST(Easy Post Processor)를 개발한 바 있으나, 최근에는 작업 영역의 확대를 위하여 기존의 전통적인 3가지 메커니즘<sup>(2)</sup>을 벗어난 다양한 메커니즘의 5축가공기가 개발되고 있고 공구선단점제어(RTCP) 기능이 추가된 장비나 벡터 포스트 형태의 가공이 가능한 컨트롤러의 개발이 이루어지고 있으며 CAM S/W의 다양화에 따라 CL 데이터 포맷이 다변화 되는 등 보다 현장 적응성이 뛰어난 Post Processor의 개발을 요구하고 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 기술적 요구에 발맞추어 더욱 실용화된 E-POST를 개발하고자 한다.

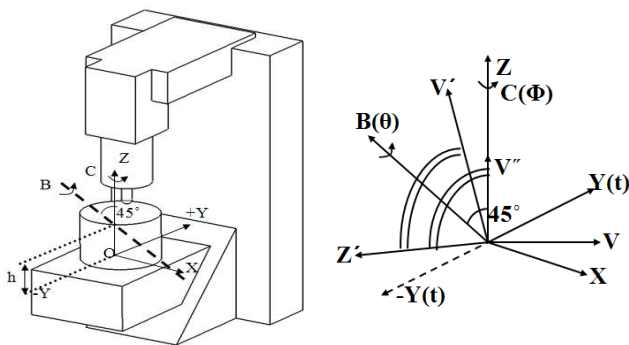
#### 2. 특수 메커니즘의 추가

전통적인 5축가공기에 비하여 작업영역을 확대하기 위하여 Fig. 1 및 Fig. 2와 같은 특수한 메커니즘의 5축가공기가 개발되고 있다. Fig. 1은 Table Tilt-Table Rotation(이하 TT-TR)<sup>(1)</sup> 형태의 장비에서 틸팅축인 B축이 임의 각도로 회전된 형태이며 Fig. 2는 틸팅축인 B축과 로테이션축인 C축이 동시에 임의 각도로 회전된 형태이다. 틸팅축이 임의 각도로 회전된 형태의 5축가공기에 대한 포스트프로세서 개발에 관한 연구가<sup>(3)</sup> 있었으나 핵심 요소인 틸트각과 로테이션각에 대한 정의가 없어 적용상의 한계가 있었다. 틸팅축이 임의 각도로 회전된 메커니즘의 5축가공기에서 틸트각은 Fig. 1의 (b)의 그림에서 Z 축을 B 축 중심으로 회전시킨 축을 Z' 이라 지정하고 입력 벡터인 V 를 B축 중심으로 회전시킨 벡터를 V'이라 할 때 Z와 Z'의 내적이 Z'과 V'의 내적과 같아진다는 조건으로부터 구하고 V'축을 Z' 축 중심으로 회전시켜 Z' 축과 같아지게 된다는 조건으로부터 로테이션각을 구하였으며 다음의 식(1)과 같이 유도되었다.

$$\theta = \cos^{-1}(2u_z - 1), \phi = \cos^{-1}\left(\frac{\sin 45 \sin \theta u_x - u_y + u_y u_z}{u_x^2 + u_y^2}\right) \quad (1)$$

where,

$u_x, u_y, u_z$  : direction Vector,  $\theta$  : Tilt Angle,  $\phi$  : Rotate Angle



(a) Schematic of mechanism (b) Diagram of TT-TR-B45

Fig. 1 Mechanism of 5-axis machine tool(TT-TR-B45)

이때, 틸트각과 로테이션각을 적용하여 머신좌표계로의 매핑은 식 (2)와 같은 좌표변환을 통하여 수행할 수 있다.<sup>(4)</sup>

$$P_m = P_p \times R_z(\phi) \times T_{-z}(-h) \times R_x(45) \times R_y(\theta) \times R_x(-45) \times T_z(h) \quad (2)$$

where,

$h$  : Pivot length,  $P_m$ : Position on Machine coordinate

$P_p$ : Position on Part coordinate,  $R$  : Rotation transformation

$T$  : Translation transformation

Fig. 2는 작업영역을 극대화하기 위하여 틸팅축과 로테이션축을 동시에 임의 각도로 회전한 형태로서 Fig. 1에서와 같은 방식으로 다음의 식 (3)과 같이 틸트각을 구할 수 있고, 정의된 틸트각으로부터 식 (4)과 같이 로테이션각을 구할 수 있다. 여기서  $Q_1 \sim Q_4$ 는 수식 정리를 위한 중간 과정의 연산자이다.

$$\theta = \cos^{-1}\left(u_z - \frac{\sin^2 36}{\cos^2 36}\right) \quad (3)$$

$$\phi = \cos^{-1}\left(\frac{Q_3 + Q_4}{Q_1 + Q_2}\right) \quad (4)$$

where,

$$Q_1 = (\cos \theta u_x + \sin 36 \sin \theta u_y)(\sin 36 \sin \theta u_y + \cos^2 36 u_x + \sin^2 36 \cos \theta u_x)$$

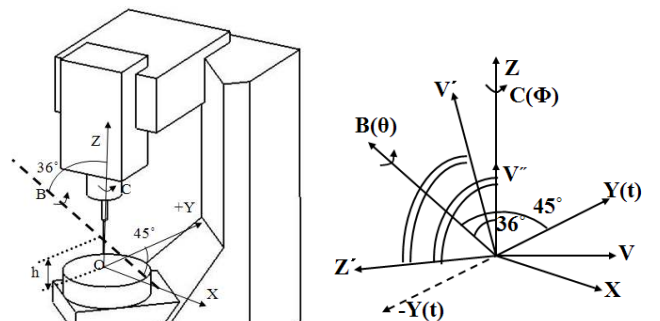
$$Q_2 = (\cos^2 36 u_y - \sin 36 \sin \theta u_x + \sin^2 36 \cos \theta u_y)(\cos \theta u_y - \sin 36 \sin \theta u_x)$$

$$Q_3 = -(\cos 36 \sin \theta u_z)(\sin 36 \sin \theta u_y + \cos^2 36 u_x + \sin^2 36 \cos \theta u_x)$$

$$Q_4 = ((1 - \cos \theta) \sin 36 \cos 36 u_z)(\cos \theta u_y - \sin 36 \sin \theta u_x)$$

또한 틸팅각과 로테이션각을 적용하여 머신좌표계로의 매핑은 식 (5)와 같은 좌표변환을 통하여 수행할 수 있다.

$$P_m = P_p \times R_z(45) \times R_z(-\phi) \times T_{-z} \times R_x(36) \times R_y(\theta) \times R_x(-36) \times T_z \times R_z(-45) \quad (5)$$



(a) Schematic of mechanism (b) Diagram of TT-TR-B36C45

Fig. 2 Mechanisms of 5-axis machine tool(TT-TR-B36C45)

#### 3. 추가된 특수 메커니즘의 검증

제시한 포스트프로세서의 정확성을 검증하기 위한 다양한 연구가 진행되었다.<sup>(1)(4)</sup> 본 연구에서는 신규로 적용한 Fig. 2의 장비(TT-TR-B36C45)를 대상으로 아래의 Fig. 4와 같은 전산 모의가공을 추가하였다. Fig. 3의 (a)는 5면가공 및 드릴링을 통하여

정확한 틸트각과 로테이션각이 제어되었는지를 검증하기 위한 시편이며, Fig. 3의 (b)는 헬릭스 및 곡면가공을 통하여 5축 동시제어 가공 시 위상반전 등의 문제를 검증하기 위한 시편이다. 또한 Fig. 3의 (c)는 임펠러의 5축가공을 통하여 복잡한 공구경로 제어 시에 간섭 및 과절삭이 발생하는지를 확인하기 위한 시편으로서 각각 Stock simulation과 Machine simulation을 통하여 정확한 가공 여부를 검증하였다.

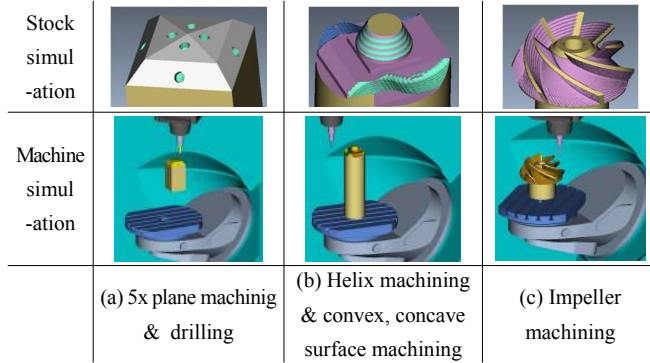


Fig. 3 Simulation cutting

또한 정량적인 가공 정밀도를 검증하기 위하여 Fig. 4과 같이 전산모의가공된 형상에 대한 형상정밀도 해석을 수행하였으며 수행결과 측정 요소의 허용공차를 모두 만족하였다.

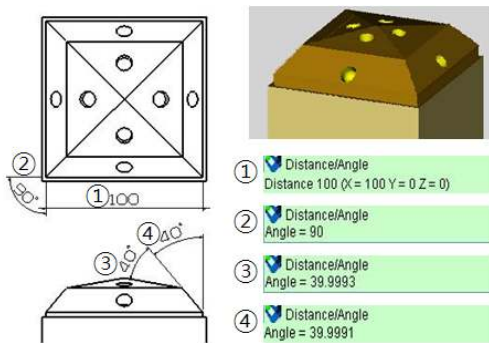


Fig. 4 Geometry accuracy analysis

#### 4. 공작물 좌표계 이동

Fig. 5의 (b)와 같이 공작물 좌표계의 이동 시에 현장에서 계측한 오프셋량을 CAM S/W가 아닌 E-POST에 입력하여 자동으로 NC 데이터를 출력할 수 있도록 하는 등 적용범위 확대를 통한 실용화를 추구하였다.

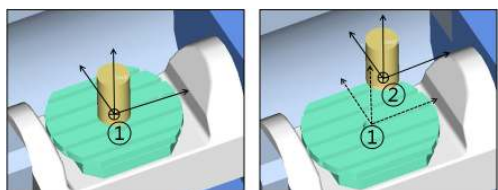


Fig. 5 Schematic of workpiece origin offset

#### 5. RTCP 데이터의 Pivot 데이터로의 변환

다양한 메커니즘의 적용을 통하여 실용성을 확대함과 동시에 최신 5축가공기에 적용되고 있는 새로운 환경에 대응하기 위한 적용범위 확대를 통하여 개발한 E-POST의 실용화를 꾀하고자 하였다.

Fig. 6은 공구선단점 제어(RTCP)에 대한 개념도로서 제어를

한 경우와 그렇지 않은 경우의 공구이동 궤적을 나타내고 있다. 공구선단점 기능을 사용하지 않은 (a)의 경우 회전이송과 직진이송이 연동하지 않아 공구의 직진이송 시 테이블의 회전이송 경로와 충돌한 결과를 보여주고 있다. 반면 공구선단점 제어를 수행한 (b)의 경우는 회전이송에 따라 직진이송이 자동으로 연동하여 움직임으로써 충돌이 발생하지 않음을 알 수 있다. 개발된 E-POST에서는 이러한 공구선단점 제어 기능을 포함한 장비에 대한 포스트프로세싱과 더불어 역으로 좌표변환이 수행되지 않은 RTCP NC 데이터를 원래의 피봇 중심 NC 데이터로 역변환하는 기능을 추가함으로써 사용자의 다양한 요구에 대응할 수 있도록 하였다.

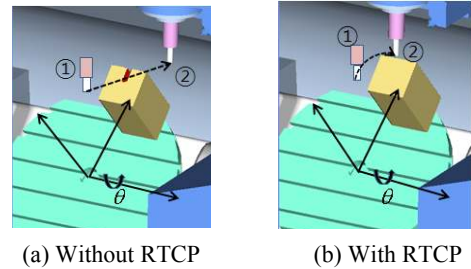


Fig. 6 Schematic of RTCP control

#### 6. Input 데이터의 포맷 확장

기존의 E-Post의 입력 데이터의 형식은 CATIA에서 출력되는 ISO 규격의 CL 데이터 형식만 가능하였으나 E-Post를 보다 실용화 하기 위해 가능한 Input 데이터의 포맷을 확장하며, 최신 컨트롤러에서 수행가능한 벡터 포스트 형태의 NC 데이터를 입수한 사용자가 구형 장비에서 가공할 경우를 대비하여 이러한 포맷에 대한 포스트프로세싱 기능을 추가하였다.

#### 7. 결론

1. 틸팅축과 로테이션축이 회전된 형태의 특수메커니즘을 추가함으로써 실용적인 사용범위가 확대되었다.
2. 공구선단점 제어, 공작물좌표계 설정, 벡터포스트 및 다양한 CL 데이터의 호환 등 적용범위를 확대함으로써 실용성이 증대되었다.
3. 국내 최초의 5축가공용 Post-Processor를 개발하고 상용화하는데 성공함으로써 실용성이 검증되었다.

#### 후기

본 연구는 지식경제부에서 시행하는 2009 항공우주부품기술 개발사업 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. Cho, E. J., Hwang, J. D., Jung, Y. G., 2006, "Study on the Development of Post-Processor for 5-Axis NC machining", *J. of KSMTE*, Vol. 12, No. 1. pp.53-58.
2. Lee R. S., She C. H., 1997, "Developing a Postprocessor for Three Types of Five-Axis Machine Tools", *J. of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 13, pp.658-665.
3. Han, S. G., Zhao, J., 2007, "A Generalized Simulation Model for Surface Topography Prediction on 5-axis Ball-end Milling", *Asian symposium for Precision Engineering and Nanotechnology*.
4. Hwang, J. D., Oh J. Y., Jung, Y. G, 2008, "A Study on the Improvement of Surface Roughness of Impeller by Selection of Tool Path and Posture and Control of Feedrate", *J. of KSME*, Vol. 32, No. 12. pp.1088-1095.