

좌표계 맵핑을 이용한 다축 CNC 머시닝센터에서의 캠 가공에 관한 연구

박세환*(창원대 대학원 기계설계공학과), 신중호(창원대 기계설계공학과),
장세원(창원대 대학원 기계설계공학과), 강동우(두산중공업)

Study On Manufacturing of General Cam Using Coordinate Mapping in Multi CNC Machining Center

S. H. Park(Mech. Design & Manuf. Eng. Dept. CWNU), J. H. Shin(Mech. Design & Manuf. Eng. Dept. CWNU),
S. W. Chang(Mech. Design & Manuf. Eng. Dept. CWNU), D. W. Kang(DOOSAN)

ABSTRACT

Cylindrical Cam Mechanism is widely used in the fields of industries, such as machine tool exchangers, textile machinery. This paper proposes a method for manufacturing of cylindrical cam in Multi CNC machining center. Multi CNC machining center has two different types depending on the tilting axis. For the manufacturing procedures, in this paper the location and the orientation of cutter path are defined from shape design data of cam. The integral NC code for the both types of multi-axis CNC machining center can be created using the coordinates mapping between design coordinates and work coordinates.

Finally, CAD/CAM program is developed on C++ language. This program can display manufacturing and kinematics simulation, which can make integral NC code for multi-axis CNC machining center of two types.

Key Words : Cylindrical Cam Mechanism(원통 캠기구), Cutter path(공구경로), NC-Code(수치제어 자료),
Multi-axis CNC machining center (다축 공작기계), Coordinate mapping(좌표계 맵핑),
Design coordinate(설계 좌표계), Work coordinate(공작물 좌표계).

1. 서론

기계산업의 급속한 발전으로 수많은 기계 장치가 개발 되었다. 많은 기계 장치 중 캠 기구는 일반 링크 장치에 비해 구조가 간단하며 적은 공간에서도 다양한 운동을 얻을 수 있다. 하지만, 복잡한 형상을 가지고 있어 가공하기가 어려운 단점이 있다. 부정확한 원통 캠 가공은 진동, 소음과 같은 많은 문제를 야기 시킨다. 따라서, 5 축 CNC 머시닝 센터를 사용하여 절삭 가공을 정확하게 수행 해야 한다.

본 논문에서는 3 차원 곡면으로 구성된 원통 캠 기구를 가공 하기 위하여 CNC 머시닝센터의 이송 량을 설계 좌표계와 공작물 좌표계의 맵핑과 좌표 변환을 통해 파악한다. 또한, 다축 공작기계의 NC-Code 생성에 의한 모의 시험을 수행하는 가공

자동화 시스템 구축을 위한 전산원용 프로그램을 개발 하고자 한다.

2. 5 축 CNC 머시닝센터 구성

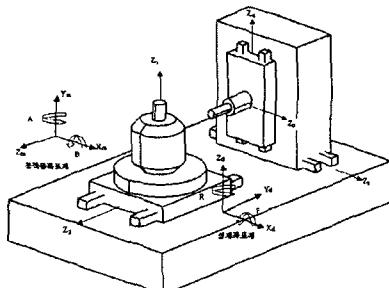


Fig. 1 Configuration of 5 axis CNC machining center with tilting axis on tool.

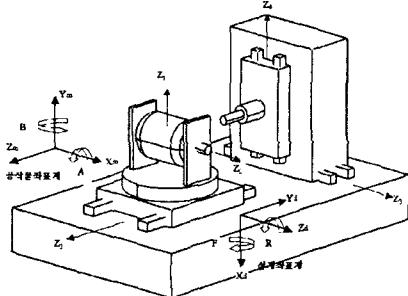


Fig. 2 Configuration of 5 axis CNC machining center with tilting axis on table.

현재 사용되고 있는 공작기계의 종류는 틸팅축의 위치에 따라 크게 2 가지로 나눌 수 있다. Fig. 1과 같이 공구에 틸팅축이 존재 하는 경우와 Fig. 2와 같이 공작물 테이블에 틸팅축이 존재하는 경우이다. 본 논문에서는 두 가지 타입의 5 축 CNC 머시닝센터를 적용, 그림과 같이 구성하여 사용하였다.

3. 공구경로 생성^[4]

Fig. 3 은 원통 캠 가공을 위하여 상대속도법으로^{[3],[4]} 설계된 형상데이터부터 임의의 순간에서 공구 경로운동을 도시한 그림이다.

Fig. 4 는 Fig. 3 의 임의의 순간에서 공구 경로 위치를 구하기 위해서 X-Z 평면으로 확대 하여 상세하게 도시한 그림으로, 공구 경로 위치벡터를 구하면 Eq.1~Eq.4^[4]로 각각 정의 된다.

$$\Delta X = Su, \Delta Y = Sv, \Delta Z = Sw \quad (1)$$

$$T_{xi}^0 = Q_{xi}^D + \Delta X \quad (2)$$

$$T_{yi}^0 = Q_{yi}^D + \Delta Y \quad (3)$$

$$T_{zi}^0 = Q_{zi}^D + \Delta Z \quad (4)$$

여기서 $u = Q_{xi}^U - Q_{xi}^D, v = Q_{yi}^U - Q_{yi}^D, w = Q_{zi}^U - Q_{zi}^D,$

$$S = \frac{TD + 2\lambda}{2RD}, \{Q\} \text{ 는 캠 형상 데이터이다.}$$

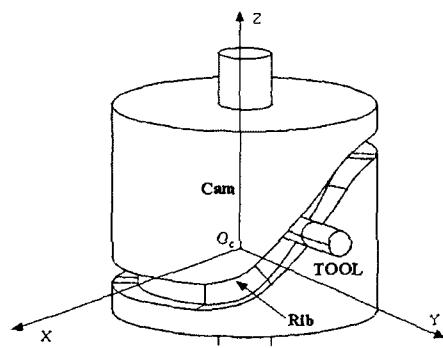


Fig. 3 Cutter motion through profile path of cam

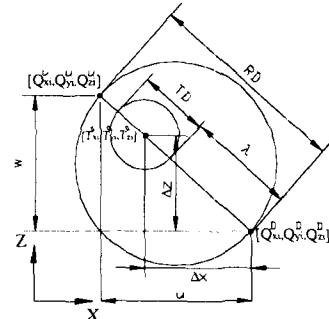


Fig. 4 Cutter location in X-Z plane.

공구경로 방향은 종동질의 회전각과 캠의 회전각으로 정의 된다. 그리고, 캠이 회전 하면서 가공을 수행 하기 때문에 Eq. 5 와 같이 캠 회전각 θ_c 만큼 회전변환을 수행 해야 된다.

$$[R_f^0] = \begin{bmatrix} \cos \theta_c & -\sin \theta_c & 0 & 0 \\ \sin \theta_c & \cos \theta_c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

4. Type1: 공구에 틸팅축이 존재하는 5 축 CNC 머시닝센터의 가공

4.1 공작물 좌표계와 설계 좌표계의 맵핑

Fig. 5 은 Fig. 1에서 보여준 공구 틸팅 타입으로 구성된 수평형 5 축 CNC 머시닝센터에서 설계 좌표축과 공작물 좌표축을 확대 한 그림이다.

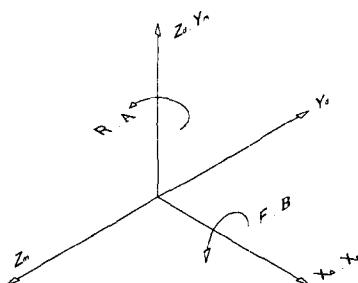


Fig. 5 Coordinate of design axis and work axis

Fig. 5 에서와 같이 설계좌표계와 공작물 좌표계가 일치 하지 않는다.

$$[R_m^d] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 90 & \sin 90 & 0 \\ 0 & -\sin 90 & \cos 90 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

따라서, 병진 운동 데이터를 구하기 위해 Eq. 6 와 같이 캠 가공을 위해 캠 설계 좌표계와 CNC 머시닝센터의 공작물 좌표계와 일치 시켜야 한다. 또한 회전 운동 역시 맵핑을 통해 설계 좌표계와 공작물 좌표계를 일치 시켜야 된다. 하지만, Fig. 5에서 보듯이 캠 설계 좌표계와 공작물 좌표계가 일치 하므로 맵핑 시킬 필요가 없다.

4.2 NC-Code 생성

원통 캠 설계 데이터로부터 얻은 형상 데이터를 바탕으로 정삭 및 황삭가공을 위한 공구경로 위치와 공구경로 방향을 5 축 CNC 머시닝센터의 공작물 좌표계를 기준으로 좌표변환을 수행한 Eq. 5 와 Eq. 6 으로부터 NC-Code 를 구하면 Eq. 7~Eq. 11 과 같다.

$$X_n = T_{xi}^0 \cos \theta_c - T_{yi}^0 \sin \theta_c \quad (7)$$

$$Y_n = T_{zi}^0 \quad (8)$$

$$Z_n = -T_{xi}^0 \sin \theta_c - T_{yi}^0 \cos \theta_c \quad (9)$$

$$A = \theta_c \quad (10)$$

$$B = \theta_f \quad (11)$$

5. Type2: 테이블에 틸팅축이 존재하는 5 축 CNC 머시닝센터의 가공

5.1 공작물 좌표계와 설계 좌표계의 맵핑

Fig. 6 은 Fig. 2 에서 테이블이 틸팅 했을 경우 공구와 형상데이터 사이의 관계를 도시한 그림이다.

테이블 틸팅 타입은 테이블이 틸팅각 만큼 회전을 하게 되면 병진 운동을 하는 좌표가 Fig. 6 에서와 같이 P 점이 P' 점으로 변하게 되므로 Eq. 12 와 같이 좌표 변환을 시켜 P' 점을 계산 하여야 된다

$$\begin{bmatrix} R_m^d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_f & \sin \theta_f & 0 \\ 0 & -\sin \theta_f & \cos \theta_f & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

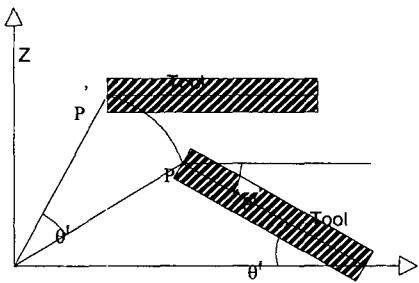


Fig. 6 Tool position on rotating in table

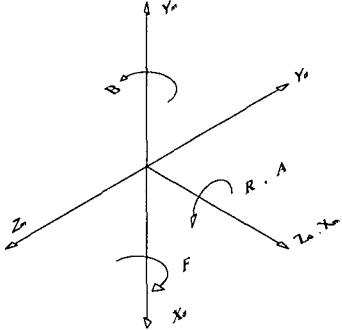


Fig. 7 Coordinate of design axis and work axis

Fig. 7 은 Fig. 2 에서 보여준 공작물 틸팅 타입으로 구성된 수평형 5 축 CNC 머시닝센터에서 설계 좌표축과 공작물 좌표축을 확대한 그림이다.

Fig. 7 에서와 같이 설계좌표계와 공작물 좌표계가 일치 하지 않으므로, Eq. 13 와 같이 병진 운동 데이터를 구하기 위해 Y 축으로 90 도, Z 축으로 -90 도 회전 시켜 설계 좌표계와 공작물 좌표계를 맵핑 시켜야 된다.

$$\begin{bmatrix} R_m^d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 90 & 0 & \sin 90 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin 90 & 0 & \cos 90 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos 90 & \sin 90 & 0 & 0 \\ -\sin 90 & \cos 90 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

또한 회전 운동 데이터를 구하기 위해 Fig. 7 에서와 같이 R 축을 기준으로 180 도 회전을 시켜야 된다. 따라서, 틸팅 회전각의 회전 방향이 반대로 된다.

5.2 NC-Code 생성

원통캠 설계 데이터로부터 얻은 형상 데이터를 바탕으로 정삭 및 황삭가공을 위한 공구경로 위치와 공구경로 방향을 5 축 CNC 머시닝센터의 공작물 좌표계를 기준으로 좌표변환을 수행한 Eq. 5, Eq. 12 와 Eq. 13 으로부터 NC-Code 를 구하면 Eq. 14~Eq. 18 과 같다.

$$X_n = T_{xi}^0 \sin \theta_f \sin \theta_c + T_{yi}^0 \sin \theta_f \cos \theta_c + T_{zi}^0 \cos \theta_f \quad (14)$$

$$Y_n = -T_{xi}^0 \cos \theta_c + T_{yi}^0 \sin \theta_c \quad (15)$$

$$Z_n = -T_{xi}^0 \sin \theta_c \cos \theta_f - T_{yi}^0 \cos \theta_c \cos \theta_f + T_{zi}^0 \sin \theta_f \quad (16)$$

$$A = \theta_c \quad (17)$$

$$B = -\theta_f \quad (18)$$

6. 전산원용 가공 프로그램 적용례

원통 캠 적용례를 통해서 전산원용 프로그램의 범용성 및 유용성을 검증 하고자 한다. Fig. 8 은 설

계 모의 시뮬레이션, Fig. 9 는 공구에 틸팅축이 있는 타입에서의 가공 모의 시뮬레이션, Fig. 10 는 공작물에 틸팅축이 있는 타입에서의 가공 모의 시뮬레이션, Fig. 11 은 공작물과 공구의 간섭 확인을 보여주고 있다.

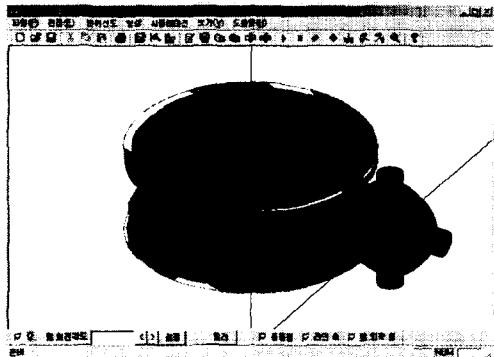


Fig. 8 Shape of designed cam

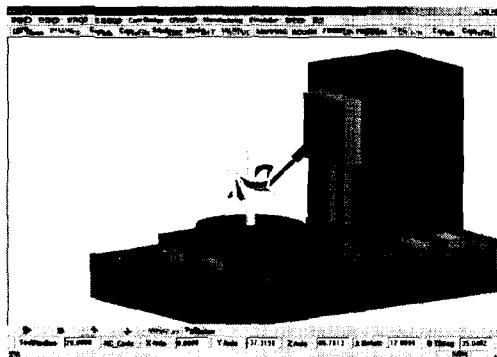


Fig. 9 Overall simulation for assembled process of cam and 5 axis CNC with tilting axis on tool

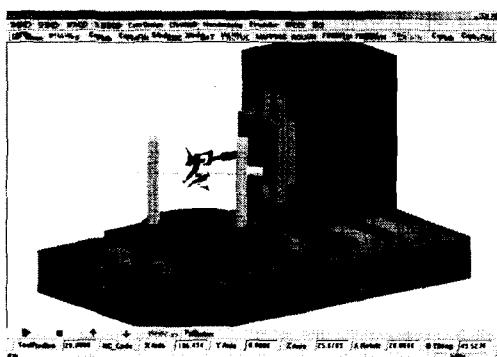


Fig. 10 Overall simulation for assembled process of cam and 5 axis CNC with tilting axis on table



Fig. 11 Detail simulation for assembled process of cam and five-axis CNC machine center

7. 결론

본 논문에서는 공작기계, 섬유기계, 자동차 및 자동화 장치 등과 같은 고속, 고기능 및 고성능 기계장치에 폭넓게 사용되고 있는 고부가가치용 원통 캠 기구의 가공 방법을 제시하였다. 그리고 제시된 이론을 바탕으로 보다 효율적이고 정확하게 사용할 수 있는 가공 프로그램을 제작하였다. 또한, 설계 좌표계와 공작물 좌표계의 맵핑을 통하여 가공을 위해 필요한 NC-Code 를 생성 하였으며, 가공시 사용되는 5 축 CNC 머시닝센터가 한 종류에 국한 되지 않고, 여러 종류를 사용할 수 있게 하였다. 그리고, 공작기계의 좌표계가 변하더라도 사용자가 프로그램을 통해 바로 손쉽게 NC-Code 를 생성 할 수 있게 자동화 시스템 구축하였다.

참고문헌

1. D. M. Tsay and H. M. Wei, "A general approach to the determination of planar and spatial cam profiles," *Journal of Mechanical Design*, Vol. 118, 1996, pp. 259-265.
2. W. J. Tsai and J. J. Lee, "An automated system for cam design and manufacturing," *Machine Elements and Machine Dynamics ASME*, DE-Vol. 71, 1994, pp. 121-128.
3. 강동우, "다축 제어용 원반 캠의 복합 기구의 설계 자동화에 관한 연구," 박사학위논문, 창원대학교, 2000.
4. 구병국, "상대속도법과 역기구학을 이용한 원통 캠의 전산원용설계와 다축 CNC 가공에 관한 연구," 석사학위논문, 창원대학교, 2001.
5. 조승래, "롤러 기어캠의 모델링 및 CNC 가공에 관한 연구," 박사학위논문, 창원대학교, 2000.