

CAD/CAM을 활용한 기계설계 및 2.5축 복합가공에 대한 연구

이양창*

(논문접수일 2008. 8. 4, 심사완료일 2008. 12. 1)

A Study on the Mechanical Design and the 2.5-axial Combined Machining by CAD/CAM

Yang-Chang Lee*

Abstract

In this paper, the Post Process for the manifold complex processing using CAD/CAM Software of two and a half Dimensions(2.5D) has been developed to maximize the application of the manifold manufacturing machine. Many companies are currently making use of high price systems to improve manufacturing process using the multi-axial complex manufacturing machine. In accordance with the requirements, the utilization of CAD/CAM Software for the manifold complex manufacturing machine is earnestly demanded. However, the experts who have experience in manifold manufacturing machine are insufficient. Consequently the outcomes of the Post Process for 2.5D CAD/CAM Systems have been dealt in order to be smoothly operated by those who have basic skills and be understood in process drawings. CNC program functions can be specially used as they are, when drawn up. The Post Process for the original point designation and transformation of coordinates has been developed and applied. The results gave proof of practical manufacturing outcomes.

Key Words : Multi-axis Machining(다축가공), Coordinate Conversion(좌표변환), Multi-Faculty(복합기능), Post-Processor(포스트 프로세서)

1. 서론

현재 CNC 공작기계를 이용한 생산 시스템은 NC 시스템

과 공작기계 자체의 인텔리전트화로 인터넷에 의해 기계, 기기의 리모트 진단, 서비스 시스템들이 날로 발전되어지고 있다. 종전까지는 효율적인 가공기술의 개발은 주로 머시닝센

* 대림대학 산학협력단 산학관리지원팀 (ycllee@daelim.ac.kr)
주소: 431-715 경기 안양시 동안구 비산동 526-7

터, 터닝센터 등에서 생산성의 향상, 가격 삭감을 목표로 하여 공정 집약이 도모되어 왔지만 최근에는 효율적인 가공기술로서의 다기능화, 복합화 되어 지고 있다⁽¹⁾. 다기능화와 복합화에 있어서도 기본 개념은 1대의 기계로 복수의 공정을 처리함으로써 복수대의 기계를 필요로 하지 않는다는 것이다. 따라서 공간절약화가 도모된다는 것, 또한 가공물의 착탈이 불필요하기 때문에 가공 능력의 향상과 더불어 정밀도 유지가 향상되어지고 있다.

다기능화의 대표적인 공작기계는 머시닝센터와 터닝센터이다. 머시닝센터는 일반적으로 X, Y, Z의 3축을 제어한 평면가공, 드릴가공, 단차 홈 및 곡면가공이 가능하며 또, X, Y, Z, A, B축의 5축 제어 및 X, Y, Z, A, B, C축의 6축 제어에 의한 가공도 가능하다. 터닝센터는 회전주축과 X, Z축에 의한 회전 대칭물의 선삭가공이 대부분이다. 절삭 공구대에 회전 공구를 장착하여 X, Z축에 C축 제어를 부가하고, 또는 B축과 Y축 제어에 의한 평면가공과 드릴가공을 할 수 있다.

그리고 2개의 주축 헤드를 장비하여 가공물을 분리하지 않고 제 1공정에서 고정한 부분도 제 2공정으로 자동 가공할 수 있다. 또한 복합화의 기초가 되는 공작기계들도 역시 머시닝센터와 터닝센터이다. 공작기계의 복합화는 모든 공정이 결합적인 것이며 다기능화에 비하여 개발 속도가 빠르게 이루어지고 있다. 터닝센터를 기본 구조로 하여 절삭가공 후 슷들에 의한 연삭가공, 레이저 담금질 장치를 이용한 열처리 기능, 호브를 장착하여 기어 절삭가공, 또한 연속시스템을 이용한 측정기능 등이 있다. 그러나 다기능화이건, 복합화이건 공정의 집약화는 기계의 제어축 수와 공구 마진 또는 절삭 공구대에 수납, 장착할 수 있는 공구의 종류와 수로 결정된다. 모든 것이 한정된 공간 내에서 복수의 공구가 가공물에 적용되어지기 위한 관련 기술이 발전되어 지고 있다⁽²⁾.

전 세계적으로 많은 CAD/CAM 시스템이 보급되고 있는 최근에도 동시 가공을 위한 다축제어 기술에 대하여 많은 연구가 이루어지고, 또한 개발되어지고 있다. 이러한 CAD/CAM 시스템을 필요에 의해 고가의 금액을 지불하면서 구축하고 있는 실정이다. 그러나 대기업이 아닌 일반적인 중소기업체들은 고가의 CAD/CAM 시스템을 이용하여 다양한 가공기술을 구사할 수 있는 인력보유가 쉽지 않다. 특히, 다기능, 복합화된 CNC 공작기계들은 개발되어 보급되고 있는데 개발된 CNC 공작기계의 기능을 100% 활용할 수 있는 부품들이 그리 많지 않은 것도 현실적으로 문제가 되어지고 있다. 이는 머시닝센터에서의 대표적인 가공인 평면가공과 드릴가공, 터닝센터에서의 선삭가공과 경사면의 밀링가공 등이 대부분인 것을 다기능, 복합화된 CNC 공작기계를 활용하여

1대의 공작기계에서 여러대의 공작기계 기능을 적용하려면 다양한 경험에 있는 숙련자가 필요한 실정이기 때문이다.

그러나 숙련자가 있다하더라도 대부분의 CAD/CAM 시스템들이 CNC 가공 프로그램을 산출할 때 일반적인 CNC 공작기계들과는 달리 해당되는 다기능, 복합 CNC 공작기계의 구조, 즉 기구적인 영향을 절대적으로 고려하여야 한다. 따라서 다양한 다기능, 복합 CNC 공작기계에 대하여 이해하여야 하는 부담감이 있다.

그리고 다기능, 복합 CNC 공작기계들은 4축 이상 다축을 동시에 제어하며 가공하는 부품들이 그리 많지 않음에도 불구하고 모든 것이 가능한 CAD/CAM 시스템을 사용하다보니 CAD/CAM 시스템의 활용도가 극히 제한적이다.

따라서 다기능, 복합화된 CNC 공작기계들의 활용도를 극대화하며 그로 인한 생산성 향상과 질적 향상, 그리고 사용자들이 쉽게 사용할 수 있도록 2.5D CAD/CAM 소프트웨어를 활용 한 다축가공 Post Process 기능을 개발하여 다양한 복합가공기들의 구조적 변화에 대응할 수 있는 복합가공 프로그램을 출력할 수 있는 방법을 개발하고자 한다.

동시 5축 가공을 하기 위한 물리적 환경을 갖추었다 하더라도 한가지 물건을 만드는 공정에서 모든 가공공정을 동시 5축으로 하는 경우는 분야별로 한정되어 있다. 일반적으로 2~2.5D 가공이나 3D 가공이며, 특히 다축가공은 대부분 공정전환 즉, 위치 전환으로 가공위치를 변환하여 작업하는 것들이 대부분이다. 따라서 2~2.5D 가공일 경우에는 CAD 데이터만으로 편리하게 다축가공 CNC 프로그램을 작성하여 운용할 수 있다.

2. 다축 및 복합가공기

2.1 다기능, 복합가공기

다기능 복합가공기는 터닝센터의 구조를 기본으로 X, Z축으로 선삭작업을 하며 그 외 C축에 의한 분할(index)기능, Y축과 B축에 의한 회전(rotate) 기능으로 밀링가공이 가능한 구조의 가공기를 복합가공기라 한다. 대표적인 다축 복합 CNC 공작기계로 5축 터닝센터가 일반적으로 널리 이용되고 있다. 터닝센터의 기계의 구조는 회전주축과 X, Z축에 의한 회전 대칭물의 선삭가공으로 이루어진다. 절삭 공구대에 회전 공구를 장착하여 X, Z축에 C축 제어를 부가하고, 또는 B축과 Y축 제어에 의한 평면가공과 드릴가공을 할 수 있다. 그리고 2개의 주축 헤드를 장비하여 가공물을 분리하지 않고 제 1공정에서 고정된 부분도 제 2공정으로 자동 가공할 수 있다. 또한 복합화의 기초가 되는 공작기계들도 역시 머시닝센터와 터닝센터이다.

국내에서도 다기능 복합기능을 응용한 전용기 개발 즉, 크

4. 다축 복합가공을 위한 CAD/CAM Process

4.1 다축 복합 가공기

적용 CNC Machine은 5축 터닝센터의 구조를 가진 모델을 대상으로 하였다. 기계 사양은 Fig. 2와 같은 2개의 스핀들 및 회전축 B축이 ±120도 회전하는 기계이며, 프로그램은 스핀들 방향 및 4축 극좌표, 사용자 지정 가공방식을 적용할 수 있도록 되어있다.

가공 모델은 Fig. 3과 같고 외경을 터닝가공 한 후에 극좌표에 의한 전면형상 가공, B축 회전과 B축 주축 회전에 의한 가공 그리고 C축과 X, Y, Z축에 의한 4축 제어에 적용한 좌표변환 작업과 가공 프로그램을 출력하였다.

4.2 다축 복합가공을 위한 CNC Program 출력

다축 복합가공을 위해 적용 소프트웨어의 Tool Path 생성 기능을 이용하였으며 각 좌표변환과 가공 데이터 출력은 개발된 Post Process에 적용하여 출력되도록 하였다. 먼저 가

공 모델의 2차원 CAD 데이터를 활용, 각각의 가공 프로파일로 2차원 평면상에 전개하여 작도한 다음 가공 대상의 프로파일에 각각의 가공 원점을 지정 설정한다. 설정된 원점을 기준으로 가공 조건을 입력한 다음 기계 사양에 따라 원통방향의 회전이 C축 또는 B축인지를 설정하고 원통의 반지름을 설정하여 지정된 원점으로부터 Y축이 C축 또는 B축으로 가공 프로그램이 출력 되도록 한다. 원통부 형상(4축가공)을 가공하기 위한 예를 Fig. 4에 나타내고 있고 Fig. 5는 출력된 CNC 데이터를 나타내고 있다. 여기서 좌표변환으로 B축은 90도, Y축은 0(zero)으로 설정하며 X축은 가공깊이 설정, 원통방향과 주축방향으로 C축과 Z축이 형상가공을 위한 가공 데이터로 출력된다.

그리고 극좌표 가공을 위해 CNC Control(Mazak Fusion Controller)에서 지원하는 G_code(G12. 1)가 적용된 프로그램에 자동 출력되도록 설정하였다⁽⁸⁾. 극좌표 가공은 B축을 0도로 설정한 후 Limit 한계를 무시하고 가공을 할 수 있는 기능으로서 다양한 가공에 이용할 수 있다. 특히 극좌

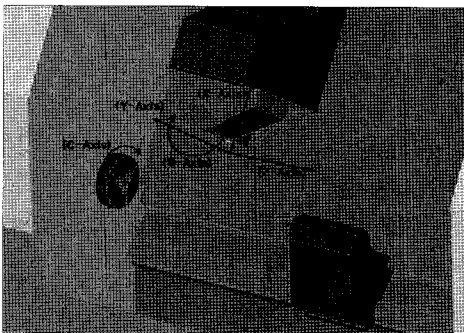


Fig. 2 Composition of Axis (X, Y, Z, B, C Axis(spindle 1 type))

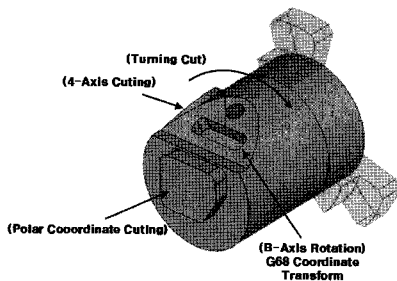


Fig. 3 Machining Model

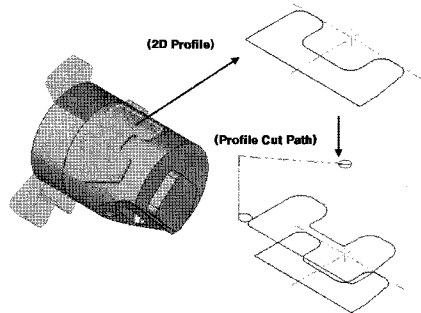


Fig. 4 Example of 4-Axes Machining and 2D Machining Profile

```
#105=100.0 (Z Displacement (-); User set)
G90 G10 L2 P#3 C#101 (Start Angle)
M211
G68 X#104 Y0 Z#105 I0 J1 K0 R#103 (Movement & B-Axis Rotation Angle)
G90 G43 G00 X0 Y0 Z50. H13
M08
.....
N5013 (Repetition Loop Number)
IF[#100 GE #102] G0T05113 (Repetition & End set)
G01 C[[#50/#102]*#100] F#1 (Angle Auto set & Feed)
.....
G01 F#1 X#3 O C#5.577
G01 X#5.0 F100
C78.496 F200
C79.186 Z5.037
C79.866 Z5.145
C80.527 Z5.325
C81.158 Z5.573
C81.75 Z5.885
C82.295 Z6.258
C82.784 Z6.684
C83.211 Z7.15
C83.569 Z7.676
C83.853 Z8.227
C84.058 Z8.803
```

Fig. 5 Example of Output

표 가공방법을 이용하여 윤곽가공, 포켓가공, 모따기 가공, 드릴가공 및 2.5축 가공을 동시에 실행 할 수 있는 장점이 있다. 극좌표 가공시 주의할 사항은 가공하고자 하는 스핀들을 정면으로 설정, 즉 2차원 가공 평면을 스핀들의 정면으로 생각하여야 한다. 심압대 부분에 스핀들을 가지고 있는 기계의 경우는 축 방향의 부호가 달라지기 때문이다. 그러므로 사용하고자 하는 스핀들에 알맞게 위치를 설정하여야 하며 또한 가공 방향을 고려하여 적용하여야 한다.

다음은 B축(공구 회전축의 각도 변환) 회전에 의한 3차원 좌표변환으로서 적용 G_code(G68, G69)를 적용하여 원활한 좌표변환이 되도록 하였다. G68(3차원 좌표점 이동 기능)의 Format은 X, Y, Z, I, J, K, R이다. 여기서 X, Y, Z는 이동중심점이고 I, J, K는 회전축선이며 R은 B축의 회전 각도를 의미한다. 그리고 G68 실행후 G69를 지령하여 3차원 좌표계 변환기능을 OFF하여야 한다. 특히 B축의 회전각에 따라 평면의 기울기가 변한다. Fig. 6과 7은 B축이 회전하였을 때의 평면의 좌표축을 나타낸 것이고 Fig. 8은 가공 원점 설정을 위한 각 축의 이동량을 나타낸 것이다.

좌표 변환된 데이터를 2차원 CAD/CAM 소프트웨어에서 가공 프로그램을 원활히 출력하기 위하여 개발된 Post Process를 활용, 작업자가 편리하게 사용할 수 있도록 하기 위해

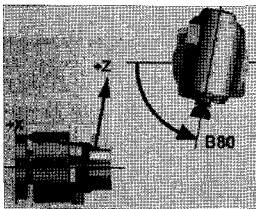


Fig. 6 In Case of 80°

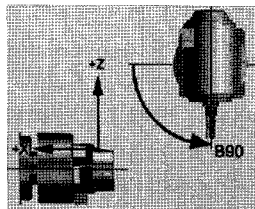


Fig. 7 In Case of 90°

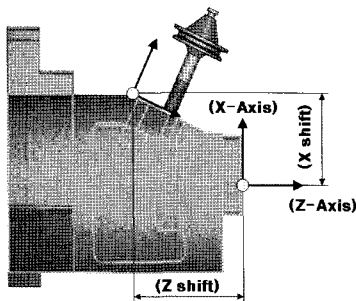


Fig. 8 Movement of Each Axis for Coordinate Conversion

업장에 좌표변환을 위한 변수 값만을 입력하여 다축 복합가공 프로그램 작성에 편리함을 제공하였다.

따라서 다축 복합가공용 CNC 가공 프로그램을 작성하기 위해서 2차원 도면 이해와 가공(각종 공작기계 절삭공정)에 대한 기초 지식과 장비에 대한 경험이 있는 자라면 누구든지 다축 복합가공기를 활용한 고부가 가치 부품의 생산을 위한 CNC 가공 프로그램을 안전하고 편리하게 작성할 수 있다.

개발된 Post Process를 이용하여 다축 복합 가공 프로그램 작성을 위해 먼저 다축 복합가공기의 사양(구조형태별 구분) 선택을 PP(Post Processing)옵션 파일을 불러들이고 각 절삭 공정별 좌표변환 과정을 Home Position 기능을 사용하여 좌표변환을 한다. 그리고 각 절삭 공정에 따라 CNC 가공용 Tool Path 생성 과정을 거쳐 완성하게 된다.

Post Process의 Flowchart를 Fig. 9에 PP옵션 및 Home Position에 대한 적용 예를 Fig. 10~11에 나타내었다.

위와 같이 적용하여 출력된 매크로 프로그램을 Fig. 12에 나타내었다.

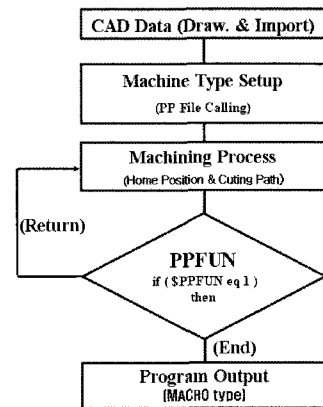


Fig. 9 Machining Process

프로그램 옵션	
<input checked="" type="checkbox"/>	1 PP 옵션 No 1 = 0.0000
<input checked="" type="checkbox"/>	M6 2 공구 선택 No 13 CRC 13 TLC 1:
<input checked="" type="checkbox"/>	3 테이블 설정 from X-50, mm Y-50,
<input checked="" type="checkbox"/>	4 포켓 가공 "Con_1" At Z 5, mm
<input checked="" type="checkbox"/>	5 윤곽 가공 "Con_1" 미경 직축 A
<input checked="" type="checkbox"/>	6 이동 Home Position
<input checked="" type="checkbox"/>	7 PP 옵션 No 1 = 0.0000
<input checked="" type="checkbox"/>	M6 8 공구 선택 No 33 CRC 33 TLC 3:
<input checked="" type="checkbox"/>	9 펌 드릴 "Pat_0" At Z-5, mm, 15,
<input checked="" type="checkbox"/>	10 이동 Home Position

Fig. 10 Screen of PP Option and Home Position

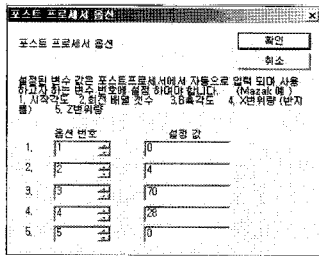


Fig. 11 Screen of PP Option

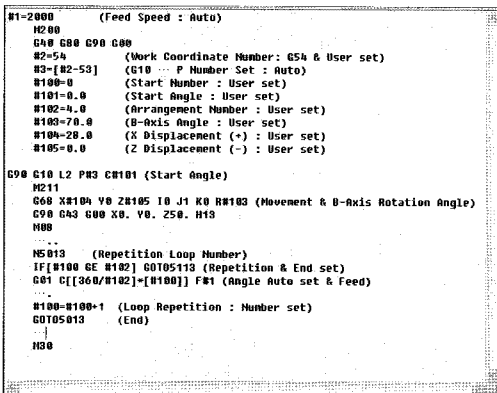


Fig. 12 Example of Output

4.3 다축 복합가공 결과

다음 Fig. 13~15은 터닝센터 모델(Integrex)을 대상으로 하였다. 기계 사양은 X, Y, Z의 기본축과 1개의 터닝 스피들(C축 분할) 및 1개의 밀링 스피들(터닝 톨 고정 겸용), 회전 B축이 ± 120 도 회전하는 기계이다. 프로그램은 스피들 방향 및 4축 동시, 극좌표, 사용자 지정 가공 방식을 적용할 수 있도록 되어 있다.

가공 순서는 선삭가공을 한 후에 극좌표에 의한 전면 가공, B축 회전(좌표변환)과 B축 주축 회전(밀링가공)에 의한 가공, 그리고 C축과 X, Y, Z 축에 의한 4축 제어 가공 프로그램을 출력하여 가공하였다. 프로그램 작성 시간은 약 40분정도 소요되었다. 관련 모델의 가공 프로그램을 일반적인 G_code 프로그램으로 수계산 한다면 약 6시간 이상이 소요된다.

따라서 본 연구에서 개발 되어진 다축 복합가공을 위한 좌표변환 Post Process를 적용하면 복잡한 다축 복합가공이라 하더라도 다축 복합가공기의 특징 이해, 즉 기구적인 부분과 이동 제한한계 부분 등을 정확하게 함은 물론 각 공작기계 절삭 공정을 이해하면 관련 Post Process파일을 쉽게

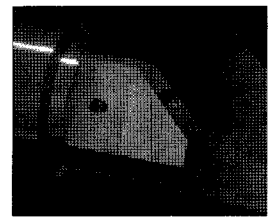
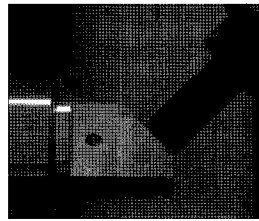


Fig. 13 Tilt Processing Fig. 14 Tilt Drill Processing

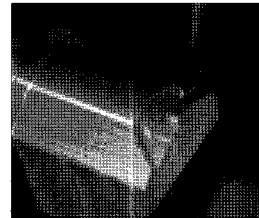


Fig. 15 Processing of Cylinder Groove

적용할 수 있으므로 다양한 다축 복합가공기에 적용되어질 것으로 예상되어진다.

5. 결론

본 연구 결과로 다축 복합가공의 활용도를 극대화 할 수 있었으며 복잡하게만 느껴졌던 다축 복합가공기에 대하여 작업자들의 부담감이 많이 해소될 것이다. 적용된 CAD/CAM 소프트웨어에서 다양한 다축 복합가공기들의 좌표변환방식을 적용하여 종류별 Post Process를 개발하였다. 특히 작업자들이 2차원 CAD 데이터만으로 다축 복합가공기를 활용한 CNC 가공 프로그램을 원활히 출력할 수 있게 되었다. 팝업창에 각축 좌표변환을 위한 변수값을 입력하여 다축 복합가공 프로그램 작성에 편리함을 제공하였다.

따라서 다축 복합가공용 CNC 가공 프로그램을 작성하기 위하여 고도의 숙련자가 아니더라도 2차원 도면 이해와 가공에 대한 기초 지식과 장비에 대한 경험이 있으면 편리하게 사용할 수 있으며 다축 복합가공기를 활용한 고부가 가치의 부품 생산에 아주 편리하게 적용할 수 있으리라 사료된다.

참고 문헌

- (1) Sheen, D. M., Lee, C. H., et al., 2001, "A Process Planning System for Machining of Dies for Auto-Body Production," *Int. J. of KSPE*, Vol. 2, pp.

69~74.

- (2) Editorial Department., 2004, "Streamlining of processing which comes true with the complex processor," *Mechanical technique*, No. 5, pp. 10~31.
- (3) Jo, E. J., Hwang, J. D., and Jung, Y. G., 2006, "Study on the Development of Post-Processor for 5-Axis NC Machining," *The Society of Machine Tool Engineers*, Vol. 15 No. 3, pp. 53~58.
- (4) Ha, J. S., Park, S. K., Oh, C. H., An, H. S., and Choi, Y. H., 2006, "Development of Multi-task 5-Axis Multi-function Machine Tool," *The Society of Machine Tool Engineers*, pp. 202~207.
- (5) So, B. S. and Jung, Y. H., 2008, "Inverse Kinematics for Five-axis Machine Using Orthogonal Kinematics Chain," *Society of CAD/CAM Engineers*, Vol. 13, pp. 153~161.
- (6) Editorial Department., 2002, "FANUC 18i/160i Program Manual," FANUC KOREA.
- (7) Editorial Department., 2005, "Part Master Technical Manual," CADNC.
- (8) Editorial Department., 2002, "Mazak Programming Manual," Yamazaki Mazak.