

UG-NX기반의 Nutation 타입 5축 레이저 절단기용 동작 시뮬레이터 Motion Simulator of Nutation Type 5-axis Laser Cutting Machine Based on UG-NX

*강재관¹, #김원일², 문영록³, 박현호⁴

*J. G. Kang¹(jkkang@kyungnam.ac.kr), #W. I. Kim², Y. R. Moon³, H. H. Park

^{1,2} 경남대학교 기계자동화공학부, ^{3,4} 경남대학교 대학원 첨단공학과

Key words : Nutation type, 5-axis CNC, Laser cutting, Motion Simulator, UG-NX

1. 서론

자동차, 선박, 항공기, 전철 등의 외장품은 3차원 곡면을 갖는 금속 판재로 제작되는 경우가 많다. 곡면 금속 판재 제품은 프레스로 성형 후 가스 절단이나 플라즈마 절단을 이용하여 트리밍이나 3차원 절단작업을 수행한다. 그러나 이러한 방법은 최종 절단 제품의 정밀도가 떨어지고 가스 절단이나 플라즈마 절단 시 제품에 열 변형이 발생할 수 있으며 시간이 많이 요구되는 문제점이 있기 때문에 금속 판재를 다양한 형태로 정밀 절단할 수 있는 5축 레이저 절단기가 크게 주목을 받고 있다. Fig.1에 산업체 현장에서 사용되고 있는 5축 레이저 커팅을 이용한 3차원 정밀절단 제품들이 나타나 있다.



Fig. 1 Various 5-axis laser cut products

5축 레이저 절단기는 기존의 많이 사용되고 있는 2차원 절단기보다 복잡한 머신 구조를 가진다. 일반적으로 공구 또는 공작물의 자세를 결정하는 운동자유도를 어디에 설치하느냐에 따라 기계 타입이 결정되며 대형 공작물 가공에 유용한 스핀들 틸팅(spindle-tilting) 타입, 소형 공물 타입에 적합하고 절삭성과 가공속도가 좋은 테이블 틸팅(table-tilting)타입, 그리고 중형 공작물 타입에 적합한 스핀들-테이블 틸팅(spindle-table titling) 타입 등 크게 3가지 형태로 분류된다^[1].

그러나 최근 들어 스핀들 틸팅 타입 중 Fig. 2와 같은 Nutation 타입이 새로 도입되어 특히 절단 공정 머신에 크게 활용되고 있다. 이 타입의 특징은 두 회전축이 직교하지 않고 x축과 45도를 이루며 이에 따라 스핀들의 두 축이 어떻게 동작하여도 공구의 끝단은 항상 한 점을 지향하게 된다.

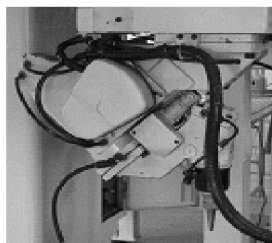


Fig. 2 Nutation type head

5축 가공에서 중요한 점 중의 하나는 공구축 또는 테이블에 운동자유도가 부가되기 때문에 일반적인 3축 가공과 달리 공구의 운동을 예측하기 어렵고 공작물과 공구와의 충돌이 발생하기 쉽다. 따라서 NC 공구경로를 직접 머신에 적용하기에 앞서 기계의 동작을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 확인하는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 5축 레이저 절단기 시스템 국산화를 위하여 Nutation 타입 레이저 절단기에 대하여 전용 CAM시스템 개발의 핵심 모듈인 포스트 프로세서(Post-processor)와 절단 과정을 컴퓨터상에서 확인할 수 있는 모션 시뮬레이터를 개발하는 방법을 제시한다.

2. 포스트 프로세서

포스트 프로세서(Post-processor)란 CL-Data를 NC 기계가 읽고 동작할 수 있는 데이터 포맷으로 변환해 주는 과정을 말한다. 포스트 프로세싱을 하기 위해서는 먼저 머신의 킴피규레이션의 타입에 따라 절단헤드의 끝점에 해당하는 CL-Data에 대하여 각 축의 운동량을 계산하는 과정이 필요하다. 이는 해당 5축 머신에 대한 역기구학(Inverse kinematics) 문제를 해결하는 것과 동일하다[2-4].

CL데이터로부터 초기 공구벡터를 t , 절단점의 법선벡터를 b , 그리고 법선벡터와 z축과의 각도를 θ 라 하면 B축과 C축의 회전량 β, γ 는 다음과 같이 계산된다^[5].

$$\beta = \cos^{-1}(2 \cos \theta - 1) \quad , \quad \gamma = \text{angle}(b, t; z)$$

즉, γ 는 b 에서 t 까지의 각도가 된다.

3. 절단 시뮬레이터

공작기계 운동에 대한 컴퓨터 시뮬레이터를 개발하는 일반적인 방법으로는 컴퓨터 언어인 Visual C++상에서 그래픽 모델링 툴인 Open GL을 이용하는 방법이 많이 사용되지만 프로그래밍 부담이 매우 크다.

3차원 모델링을 지원하는 상용 3차원 CAD 시스템에는 모델링 및 어셈블리 기능 외에 모션(Motion)기능을 제공하고 있다. 모션기능이란 정적인 상태로 모델링된 형상들에 대하여 동적인 상태의 시뮬레이션을 할 수 있도록 함으로써 각 부품들 간의 구조 및 동작 과정에서 발생하는 문제점과 간섭 및 오류를 사전에 파악할 수 있도록 하는 기능이다. 본 연구에서는 절단 시뮬레이터 개발을 위하여 3차원 CAD인 UG-NX3의 모델링(Modeling) 기능을 이용하여 머신을 모델링한 후 모션 기능을 이용, 각 축에 실제 머신의 운동과 같이 동작할 수 있도록 하는 방법을 도입하였다.

3.1 머신 모델링

Fig. 3은 개발된 머신을 UG-NX3상에서 3차원 모델링한 모습이다. 3개의 직교축과 2개의 회전축으로 구성하였으며 정확한 시뮬레이션을 위하여 모델링의 치수는 모두 실제 치수를 사용하였다.

3.2 조인트 모션 기능 부여

모션을 구현하기 위한 기본적인 명령은 링크(link)와 조인트(joint)의 두가지 명령이다. 링크는 조인트를 이용하여 구동 조건을 설정하기 이전에 설정해야하는 명령으로 X,Y,Z,A,B 5개의 축이 해당된다. 조인트는 링크로 설정된 부품들이 상호 작용에 의하여 구동될 수 있도록 링크와 링크 사이에 조인트 타입에 따른 다양한 구동 조건을 결합시키는 과정으로 UG-NX3에서는 8개 타입(회전, 슬라이드, 원통형, 나사, 유니버설, 구형, 평면형, 고정)의 선택을 제공한다.

일반적으로 로봇 기구학에서 조인트의 타입은 선형, 직교, 회전, 비틀림, 선회 조인트로 세분하여 분류하지만⁹⁾, UG-NX3에서는 선형과 직교조인트는 슬라이더(slidebar)로 나머지 회전, 비틀림, 선회 조인트는 모두 회전형(revolute)을 사용하여 구현할 수 있다.

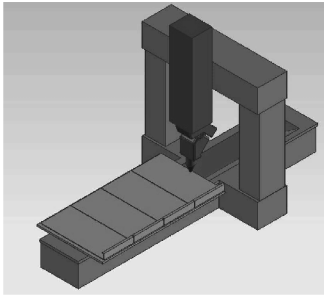


Fig. 3 Machine modelling

3.3 포스트 프로세서와의 연결

UG-NX3의 모션기능 사용시 동작에 필요한 운동량값은 엑셀(excel)파일 형태로 인터페이스 가능하다. 그러므로 2장에서 제시한 포스트프로세서의 출력 파일을 모션기능에 맞는 엑셀 포맷으로 변환시키면서 스텝(step)과 동작 소요 타임(time)을 적절히 부여하면 UG-NX3 상에서 3차원 절단 시뮬레이션 동작을 확인할 수 있다.

4. 동작 시뮬레이션 검증

개발된 시스템의 유효성을 검증하기 위하여 반구 형상의 공작물 상에 절단곡선을 정의하였다. Fig. 7은 UG-NX3에서 제공하는 API(Application Programming Interface)기능을 이용하여 절단 선으로부터 법선벡터를 구한 뒤 이를 모델링 형상에 나타낸 모습이다.

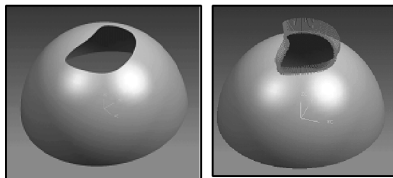


Fig. 4 Cutting curve and normal vector

이 법선벡터 방향으로 레이저 초점거리만큼 이동한 점이 레이저 절단헤드가 위치해야할 점(CL점)이 된다. CL데이터로부터 2장에서 개발한 포스트 프로세서를 이용하여 각 축의 운동량을 계산한 후 이를 엑셀 포맷 변환시킨다.

Fig. 4는 3장에서 개발된 모션 시뮬레이터를 이용하여 Nutation타입 5축 레이저 절단기의 동작을 검증하고 있는 모습이다. 절단기 헤드가 초점거리만큼 움직인 위치에서 절단선에 수직하게 움직이고 있는 모습을 볼 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 Nutation 타입 5축 레이저 절단기용 포스트 프로세서 및 이를 이용한 절단 시뮬레이터를 개발에 관한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 포스트 프로세서의 개발은 Nutation 타입에 대한 기구학적 모델링 및 역기구학 문제를 해결함으로써 구할 수 있었다.
2. 3D CAD 시스템인 UG-NX3에서 제공하는 모션기능을 이용하여 기존의 Open GL과 같은 그래픽 툴을 이용하는 것에 비하여 간편하게 시뮬레이터 개발이 가능함을 보였다.

본 연구는 발전된 모션 시뮬레이터를 위하여 향후 절단물과 절단헤드와의 충돌 감지 기능 등을 보완하는 것이 요구된다.

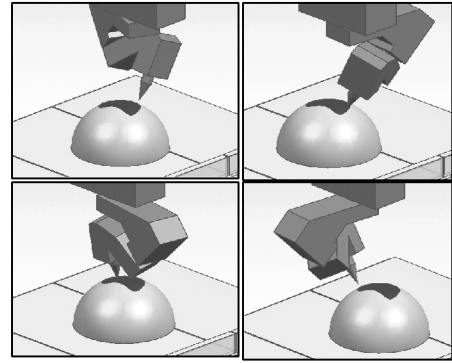


Fig. 5 Cutting motion simulation

참고문헌

1. 황중대, 정윤교, 정종윤, “5축 가공용 Post-Processor 개발에 관한 연구”, 한국정밀공학회 2005추계학술대회논문집, pp.370~374, 2005.
2. Li, R. B. and Jerard S. X., "5-Axis machining of sculptured surfaces with flat-end cutter", Computer Aided Design, Vol.26, No.3, pp.165-178.
3. Lee, R. S., She, C. H., “Developing a Postprocessor for Three Types of Five-Axis Machine Tools”, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, pp658~665, 1997
4. 소범식, 정유희, “5축 밀링가공기의 직교 특성을 이용한 역기구학 방정식의 유도”, 2007한국 CAD/CAM학회 학술발표회 논문집, pp.276-281, 2007
5. 김영일, 김덕수, 전차수, “터빈발전기의 Steam Path 전용 CAD/CAM 시스템”, 한국CAD/CAM학회 논문집, 제10권, 제4호, pp.254-261, 2005
6. Groover, M. P., "Automation, Production Systems, and CIM", 2nd Ed., Prentice-Hall, 2001