

5축 가공용 Post Processor의 개발 및 검증

Development and Verification of Post-Processor for 5-Axis Control Machining

*정현철¹, 황종대², 오지영³, 박기범⁴, 정윤교⁵

*H. C. Jung¹, J. D. Hwang², J. Y. Oh³, K. B. Park⁴, # Y. G. Jung(ygjung@changwon.ac.kr)⁵

^{1,5} 창원대학교 기계공학과, ²창원대학교 TIC, ^{3,4} 창원대학교 대학원 기계공학과

Key words : 5-axis control machining, Post-Processor, Feedrate control

1. 서론

5축 가공기는 3개의 직선이송축에 2개의 회전이송축을 추가함으로써 주어진 CC(Cutter Contact Point) 데이터에 대하여 공구의 자세가 자유롭기 때문에 3축 가공기로는 가공이 불가능한 형상에 대하여 효과적인 가공을 수행할 수 있을 뿐만 아니라 공구자세 변화를 통하여 가공효율을 높일 수 있기 때문에 그 적용범위가 점차 확대되고 있다. 그럼에도 불구하고 5축 가공기의 보급을 가로막는 핵심 요소는 CL(Cutter Location) 데이터를 실제 기계가 구동하기 위한 NC 데이터로 변환하는 Post-Processing 문제이다.

5축 가공기는 회전이송축이 Table과 Spindle에 부가되는 방식에 따라 18가지 경우의 메커니즘을 가지며 해당 메커니즘에 대한 역기구해 문제, 위상반전 문제 등 Post-Processing 과정에서 다양한 기술적 어려움이 존재한다. 이러한 특성 때문에 현장기술자들이 어려움 없이 주어진 5축가공기에 맞는 NC 변환 작업을 수행할 수 있는 범용적인 Post-Processor의 개발이 요구되고 있다. 그러나 국내에서 진행되고 있는 Post-Processing 문제에 대한 연구는 특정 메커니즘에 국한되어 있으며 대표적인 6가지 기본 메커니즘에 대한 Post-processor를 구현한 연구¹가 수행된 바 있으나 임의각도로 회전된 가상축을 틸팅축으로 하는 특수한 경우의 메커니즘에 대한 연구가 수행되지 않아 범용적인 적용에 한계가 있었으며 최근에 이에 대한 추가 연구²를 진행하여 발표하였다.

Post-processing 과정에서 야기되는 또 하나의 중요한 요소는 변환된 NC 데이터의 이송속도를 축이송계의 실제 이송거리에 따른 이송속도로 현실화 시키지 못하고 CL 데이터에서 입력받은 이송속도를 그대로 반영하는데 있다. 그 결과 회전이송시 발생하는 공구 끝 이송속도와 축이송계 이송속도의 불일치에 따른 가공시간의 지연 및 이송률 과다와 그로 인한 과부하의 문제가 있다. 공구 끝의 이송속도를 일정하게 제어하기 위한 관련 연구³가 수행되었으나 CL 데이터 자체의 곡률 반경 및 회전각이 큰 경우 단순히 최단거리로 계산함으로써 이송속도의 오차를 완벽하게 보정하지 못하는 한계가 있었다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 직선이송에 비하여 회전이송 거리가 큰 경우의 가공에 대해서도 일정한 이송속도를 제어할 수 있도록 함으로써 절삭부하를 최소화할 수 있는 안정적인 Post-processor를 구현하고자 하였으며 최근에 이에 관한 연구²를 수행하여 발표한 바 있다.

본 연구는 기존에 개발된 대표적인 6가지 기본 메커니즘과 최근에 추가 연구된 특수 메커니즘에 대한 NC 변환 정밀도를 검증하고 추가로 연구된 이송률제어 메커니즘의 신뢰성을 확보하기 위하여 진행되었다. 이를 위하여 머신시뮬레이션 기법을 사용함으로써, 변환된 NC 데이터의 정확성을 검증하고 5축가공된 시편에 대한 형상정밀도 측정을 통하여 정량적인 검증을 하고자 하며 표면조도 비교 측정을 수행함으로써 Post-processor의 이송률 제어 특성을 검증하는 등 개발된 Post-processor의 신뢰성을 확보하고자 하는데 본 연구의 목적이 있다.

2. Post-processor의 검증

2.1 가공시편 선정

개발된 Post-Processor의 정밀도를 평가하기 위한 가공시편을 Fig. 1과 같이 선정하였다. Fig. 1의 1번 측정요소는 경사도를 측정하기 위한 것이고 2번 측정요소는 원호가공에 따른 직경정밀도를 측정하기 위한 것이며 3번 측정요소는 직선가공에 따른 직각도를 측정하기 위한 것으로서 이들 요소는 공구축

백터가 고정된 상태로 가공하는 5축 고정제어 가공에 대한 NC 변환 정밀도를 검증하기 위하여 고려되었다. Fig. 1의 4번 측정요소는 임의각도로 경사진 원뿔형상 표면상에 일정한 피치를 가진 헬릭스를 가공함으로써 틸팅축이 임의 각도로 고정되고 로테이션축이 회전하는 경우의 NC 변환 정밀도를 검증하기 위하여 고려되었다. 또한 Fig. 1의 5번 그룹 측정요소는 이송률이 제어되지 않은 Non-Feed-Controlled(이하 NFC) 가공 곡면으로 선정하였으며 Fig. 1의 6번 그룹 요소는 이송률이 제어되는 Feed-Controlled(이하 FC) 가공 곡면으로 선정함으로써 개발한 Post-Processor의 이송률 제어 특성을 파악하기 위하여 고려되었다. 또한 측정요소 5.1.1~5.1.3과 6.1.1~6.1.3은 볼록한 곡면으로 하고 5.2.1~5.2.3과 6.2.1~6.2.3은 오목한 곡면으로 함으로써 이송률 제어 특성이 잘 반영되도록 하였다. 5축 동시제어 가공 시 NC 변환 특성을 파악하기 위하여 측정요소 5번 그룹과 6번 그룹의 가공방법은 5개의 이송축이 동시에 제어되도록 공구경로를 생성하였다.

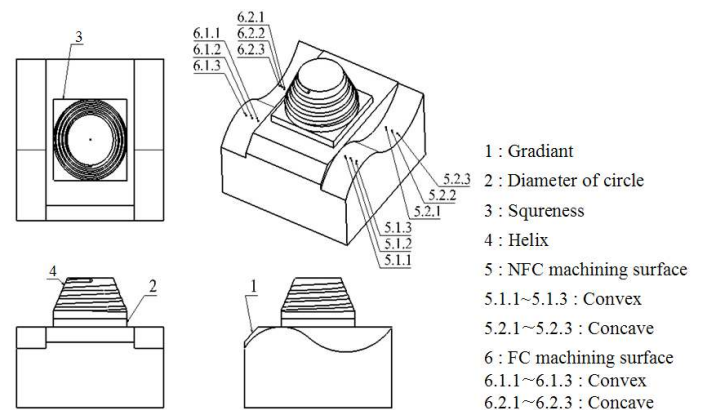


Fig. 1 Measuring elements of Test-piece

2.2 머신 시뮬레이션

고안된 가공시편에 대하여 Fig. 2의 (a)와 같이 공구경로를 생성하여 CL 데이터를 출력한 후 Fig. 2의 (b)와 같이 Post-processing 작업을 수행하였다. Post-processing은 대표적인 6가지 기본 메커니즘에 특수메커니즘을 추가하여 총 7개 메커니즘에 대하여 수행되었으며 변환된 NC 데이터에 대한 정확성을 파악하기 위하여 머신 시뮬레이션 기법을 사용하였다. 머신시뮬레이션을 통한 모의 가공은 실제 5축가공기를 보유하지 않은 경우에도 개발된 Post-processor를 검증할 수 있을 뿐만 아니라 실제 5축가공 시에 발생할 수 있는 미, 과절삭, 충돌, 간섭, 이송한계 초과 등 다양한 문제를 사전에 파악하여 수정할 수 있는 장점을 가진다. 이를 위해서 실제 장비와 동일한 형상의 머신 모델링이 우선되어야 하며 각 이송축 메커니즘의 연결, 구동 관계 및 이송한계를 정확히 설정해 주어야 한다. 또한 사용되는 컨트롤러의 설정과 공구 및 치구 모델링을 함으로써 실제 5축가공과 동일한 환경을 제공하였다. 본 연구에서는 개발된 Post-processor에서 구현한 7개 메커니즘에 대한 대표적인 5축 장비를 선정하여 머신 시뮬레이션을 수행하였으며 Fig. 2의 (c) ~ (i)와 같이 변환된 NC 데이터를 사용한 모의 가공을 수행하였다. 머신 시뮬레이션 과정에서 위상반전, 이송한계 초과 등 다양한 문제점이 발생하였으며 개발된 Post-processor에 이러한 문제점을 반영하여 수정한 결과 양호한 NC 데이터에 의한 모의가공이 이루어졌다.

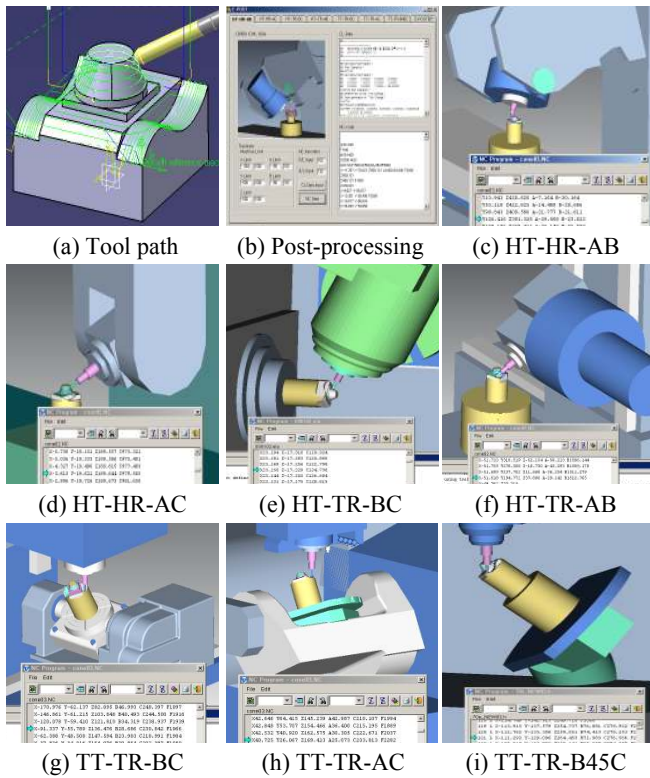


Fig. 2 Cutting simulation by machine Simulation method

2.3 5축 가공

머신시뮬레이션을 통한 모의가공으로부터 검증된 NC 데이터를 사용하여 Fig. 3과 같이 실제 5축 가공을 수행하였다. 적용한 5축가공기는 각각 HT-TR-BC, HT-TR-AB 및 TT-TR-B45C 타입의 메커니즘을 가지는 장비이며 머신시뮬레이션 기법에 의한 모의가공과 같이 양호한 5축 가공을 구현하였다.



Fig. 3 5-axis machining and machined parts

3. 개발된 Post-processor의 성능평가

3.1 형상정밀도 평가

형상정밀도 평가에 이용된 3차원측정기는 접촉식 CMM (Brown & Sharp, USA)이며 2.1절에서 언급한 측정요소에 대한 측정을 수행하였다. 측정 결과 Table 1의 1~3 측정요소의 형상정밀도가 요구 정밀도인 0.1°와 0.1mm를 만족함으로써 공구축이 고정된 상태로 가공하는 5축 고정제어 가공 시의 NC 변환 정밀도가 검증되었다. 또한 4번 측정 요소인 헬릭스 가공 형상의 외관이 모델링과 일치함으로써 틸팅축이 고정된 상태로 로테이션 가공을 하는 경우의 NC 변환 정밀도도 검증되었다.

3.2 이송률제어 특성 평가

이송률제어 특성은 일정이송률에 따른 절삭부하 변동 감소와 이로 인한 표면조도 향상정도를 평가하는 방법으로 진행되었다. 표면조도 측정에 이용된 표면조도계는 촉침식 표면조도계 (SurfTest SU-600, Mitutoyo)이다. 표면조도 측정 결과 NFC 가공

곡면의 표면조도인 Table 1의 5.1과 5.2에 비하여 FC 가공 곡면의 표면조도인 Table 1의 6.1과 6.2가 더 좋아졌으며 이러한 결과는 이송률 제어를 통하여 절삭부하의 변동이 적어져 전체적인 표면조도 향상 효과를 가져온 것으로 파악된다. 또한 Fig. 4를 통하여 NFC 가공에 비하여 FC 가공 곡면이 불룩한 곳과 오목한 곳의 표면조도 오차가 현저히 감소하였음을 알 수 있다.

Table 1 Measured result

Element	Description	Unit	Nominal data	Measured data	Dev.			
Accuracy	1	Angular	deg	45°±0.1	45.06°	0.06°		
	2	Diameter	mm	50.0±0.1	50.009	0.009		
	3	Squareness	deg	90°±0.1	89.93°	0.07°		
	4	Helix	Shape	Modeling	Satisfied			
Roughness, Ra (μm)	NFC-Convex		NFC-Concave		FC-Convex		FC-Concave	
	5.1.1	0.61	5.2.1	0.54	6.1.1	0.46	6.2.1	0.39
	5.1.2	0.7	5.2.2	0.62	6.1.2	0.51	6.2.2	0.5
	5.1.3	0.84	5.2.3	0.5	6.1.3	0.43	6.2.3	0.44

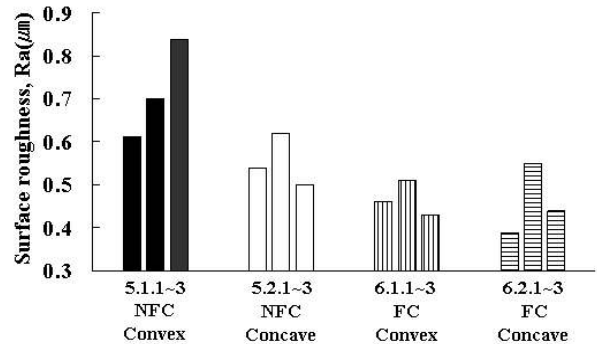


Fig. 4 Comparison between NFC and FC machining

4. 결론

1. 개발된 Post-processor의 정확성을 파악하기 위하여 머신시뮬레이션 기법을 통한 모의가공을 수행하였으며 충돌, 간섭, 과절삭이 없는 양호한 가공 상태를 보였으며 가공정밀도를 파악하기 위한 5축 가공 및 3차원측정 시험 결과 요구정밀도를 만족하였다.
2. 개발된 Post-processor의 이송률제어 특성을 파악하기 위한 자유곡면의 5축 가공 및 표면조도 시험 결과 이송률을 제어하지 않은 경우에 비하여 향상된 표면조도 특성을 나타내었다.
3. 이상의 결과로부터 개발된 Post-processor의 신뢰성이 확보되었으며 향후 다양한 형태의 시편을 선택, 가공함으로써 신뢰성을 더욱 증대하고자 한다.

후기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RT104-01-03) 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. E. J. Cho, J. D. Hwang, Y. G. Jung, 2006, "Study on the Development of Post-Processor for 5-Axis NC machining", *J. of KSMTE*, Vol. 12, No. 1. pp.53-58.
2. Y. G. Jung, J. Y. Oh and J. D. Hwang, 2008, "A Study on the Optimal Machining Condition for Improvement of Surface Roughness of Impeller", *Spring Conference of KSMTE*, pp.734-739.
3. C. S. Lee, J. P. Lee, 2001, "Calculating the Feedrate of 5-Axis NC Machining Data for the Constant Cutting Speed at a CL-point", *Proceedings of the Society of CAD/CAM Engineers*, Vol. 6, No. 2, pp.69-77. 346