

경사면 가공 경로에 따른 FEM을 이용한 볼엔드밀 절삭력 해석에 관한 연구

A Study on Ball-Endmill Cutting Force Analysis using FEM by Inclined Surface toolpath

*#이우현¹, 이수용¹, 안광우¹, 김태호², 전언찬³

*#W. H. Lee¹(lwh4477@nate.com), S. Y. Lee¹, K.W.Ahan¹, T. H. Kim², E. C. Jeon³

¹동아대학교 대학원 기계공학과, ²(주)대진유압기계, ³동아대학교 기계공학과

Key words : Advantedge production module, Ball-endmill, Cutting force, Inclined surface toolpath

1. 서론

최근 항공산업 및 기계, 자동차, 전자산업의 발달이 고도화 됨에 따라 부품형상이 복잡해지고 다양한 형태의 부품과 금형 제품이 요구되는 시점에서 볼 엔드밀 가공이 큰 부분을 차지하고 있다. 자유곡면 가공에 있어서 가공성 평가는 현재까지 아주 미흡한 실정이며 작업 공정에 있어서도 비효율적인 부분들이 많은 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 볼 엔드밀 형상을 개선하고자 하는 노력과 볼 엔드밀링의 절삭기구 해석을 통해 적절한 절삭조건을 부여하고자 하는 노력이 병행되어 왔다. 그 일환으로, 본 논문에서는 $\Phi 30$ 볼엔드밀에 대한 공구 정점부가 포함되지 않는 최소 각도인 15° 이상의 경사면에 대하여 절삭 방향에 대한 절삭력을 해석하고 예측하고자 하였다.

2. 경사면 Modeling

볼엔드밀링은 평엔드밀이나 페이스커터같은 정면밀링과 비교하여 공구의 절삭부가 반구형태라는 형상특성으로 인하여 강성이 저하하며, 공구 정점부에서는 절삭속도가 0이되어 이론적으로 절삭이 이루어지지 않는다.¹ 그러므로 공구정점부가 닿이지 않는 각도인 15° 인 경사면 가공물을 모델링하였다.² Fig. 1 은 CATIA를 이용하여 생성된 15° 경사면의 가공 면적 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 모델링그림이다.

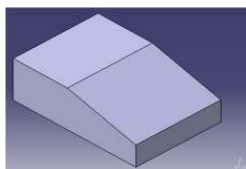


Fig. 1 Modeling of inclined plane

3. 가공경로 생성

가공 경로는 Fig. 2 과 같이 상향절삭(up-cutting)과 하향절삭(down-cutting) 그리고 상방향 절삭(upward-cutting)과 하방향 절삭(downward-cutting)으로 하였다. 다음과 같은 8가지 방향에 대하여 한방향 으로만 절삭하도록 PowerMill을 이용하여 툴패스를 생성하였다. Fig. 2 는 툴패스의 가공방향을 구분한 그림이다.

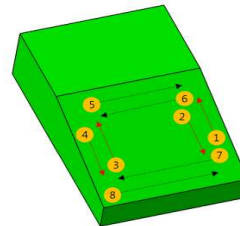


Fig. 2 Cutting direction of inclined plane

절삭방향을 결정하는 가공 인자에는 8가지가 있다. 수직방향절삭과 수평방향절삭, 상향절삭과 하향절삭, 상방향절삭과 하방향절삭 으로 구분하였으며 Table 1 에 나타내었다.

Table 1 Distribution of cutting direction

	Vertical		Horizontal	
	up-ward	down-ward	up-ward	down-ward
up-cutting	1	4	8	6
down-cutting	3	2	7	5

VUU (1) : Vertical, up-cutting, up-ward

VDD (2) : Vertical, down-cutting, down-ward

:

절삭 방향에 따라 절삭력이 다름을 해석하기 위하여 같은 공구를 설정하여 각각의 방향에 따라

같은 절삭 조건을 부여 하였다. Table 2 는 절삭력 해석에 사용된 공구와 절삭조건을 나타낸 표이다.

Table 2 Cutting & tool condition

Tool	
Tool diameter	30 mm
Cutting condition	
RPM	1500 rpm
Feedrate	1000 mm/min
D. O. C	0.5 mm

Power Mill을 이용 하여 8가지 방향의 톨패스를 생성하였으며, 이들 경로에 따라 절삭력의 값들은 모두 다르게 나왔다. 특히 수직 상향 상방향 절삭에 있어서, 공구의 진입시 절삭력이 순간적으로 크게 상승함을 볼수 있었으며, 마찬가지로 수직 하향 상방향 절삭에서 같은 결과를 볼수있었다. 본 그래프 결과에서 가장 두드러진 점은 공구가 경사면에 수직한 방향, 즉 경사각을 가지고 진입할 때 순간적인 큰절삭력이 나타남을 알수있었다. Fig 3 은 시간에 따른 절삭력의 크기를 나타낸 Advantedge production module의 Instantaneous tangential force결과 값이다.

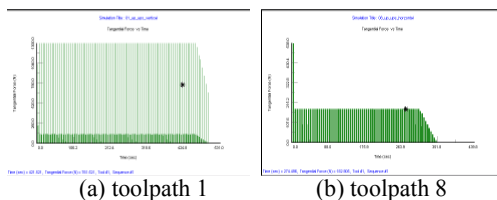


Fig. 3 Modeling of inclined plane

4. 결과 및 고찰

각각 8가지 가공 경로에 따라 나온 Tangential Force와 Radial Force 의 비교결과 값들을 Fig. 4에 나타내었다.

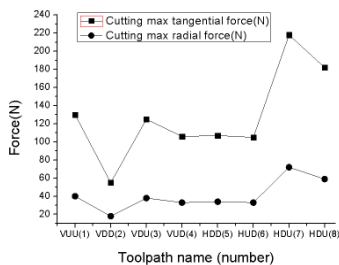


Fig. 4 Comparison of tangential force & Radial force

1차원 X, Y, Z 각각의 그래프를 통하여 2차원 XY 그래프와 3차원 XYZ 그래프를 비교 하였으며 Tangential Force와 Radial Force 의 결과값들을 모두 비교 하여 가공경로에 대한 절삭력의 경향성을 Fig. 5 로 나타내었다. 보았다.

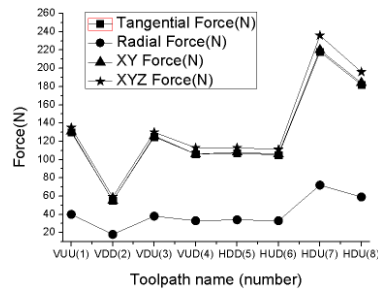


Fig. 5 Similar toolpath with same cutting force tendency

5. 결론

1. 볼엔드밀 가공에 있어서 수직 방향보다는 수평 방향이 진입시에 순간 절삭력을 적게 받으며, 경사면을 가공할 때 각도가 있는 부위에 수직방향 진입시에는 속도를 낮춰 절삭력을 줄여야 공구에 파손을 줄일수 있다.
2. 7번 수평 하향 상방향 (HDU) 절삭이 가장 공구파손율이 높으며, 2번 수직 하향 하방향 (VDD) 절삭이 가장 공구파손의 위험이 낮음을 알수 있었다.
3. 1,2,3,4번 방향이 대체로 절삭력 낮게 나오므로 달팽이 모양의 스파이럴이나 원형 가공보다는 지그재그 모양의 라스터 가공을 할 경우 절삭력이 적을것으로 예상된다.

후기

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

참고문헌

1. Seung, D. Joo-Won, H. and Nam-Sub, S., 2001, "A Study on the Cutting Force and Machining Error on the Inclined Plane in Ball-end Milling", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 18, No. 7, pp. 112~119.
2. Byoung Moo, C. and Dong Ju, L., 2006, "A Study on Chatter Characteristics According to Cutting Direction in Ball End Milling", Korea Society of machine Tool Engineers, pp. 207~212.