

# 크리스마스트리 형상을 가진 총형 밀링공구의 절삭해석

## Cutting analysis of form milling tool with Christmas tree shape

\*김민엽<sup>1</sup>, #고태조<sup>2</sup>, 윤재웅<sup>3</sup>, 윤인준<sup>4</sup>, 김종한<sup>1</sup>

\*M. Y. Kim<sup>1</sup>, #T. J. Ko(tjko@yu.ac.kr)<sup>2</sup>, J. W. Yoon<sup>3</sup>, I. J. Yoon<sup>3</sup>, J. H. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>영남대학교 대학원 기계공학과, <sup>2</sup>영남대학교 기계공학부, <sup>3</sup>대구대학교 기계공학부, <sup>4</sup>(주)한국OSG

Key words : Form milling tool, Cutting analysis, Christmas Cutter, Rotor Cutter

### 1. 서론

터빈블레이드는 고온고압의 열악한 조건에서 고속회전운동을 하기 때문에 블레이드의 소성변형 및 크랙의 발생이 쉬워 블레이드의 사용수명이 단축되는 경우가 많다. 이런 이유로 터빈 로터 디스크에 블레이드를 견고하게 결합하여 사용하고 있으며 통상적으로 로터 디스크에 총형 밀링공구를 이용한 크리스마스트리 형상의 홈을 가공하여 로터디스크와 블레이드를 조립함으로써 조립성 및 내구성을 향상시켜 사용하고 있다.

본 연구에서는 크리스마스트리 형상을 가진 총형 밀링공구를 이용하여 로터 디스크의 홈을 가공할 때 나타나는 현상을 절삭해석 프로그램 AdvantEdge를 이용하여 시뮬레이션 해보고 이를 토대로 실제 가공 시 나타나는 문제점을 파악해 보도록 한다.

### 2. 해석 방법

AdvantEdge는 절삭 FEM 소프트웨어로서 절삭 시 절삭온도, 절삭력, 칩유동, 절삭 시 응력분포 등을 시뮬레이션 할 수 있다. 본 실험에서는 Table 1과 같은 조건하에 해석을 수행하였다. 절입량을 0.3mm~0.5mm로 변화 시켜 그에 따른 절삭력 및 절삭온도를 측정해 보았다. 그리고 3D해석의 경우 많은 요인을 분석할 수 있는 데이터가 측정되어 정확한 해석 결과를 기대할 수 있지만 해석 시간이 오래 걸리는 단점이 있어서 2D로 전환하여 절삭 순간의 현상을 해석하였다.

Table 1 Cutting condition for simulation of cutting force

Work Piece	Al 6061
Spindle speed	250rpm
Feed per tooth	0.003mm
Axial depth of cut	30.0 mm
Radial width of cut	0.3 0.4 0.5 (mm)
Initial temperature	20.0 °C
Length of cut	0.5mm
Cutting Type	Down milling, Dry cutting

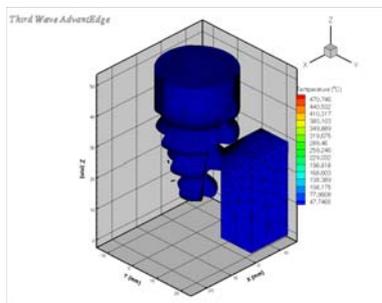


Fig. 1 F.E.M Modeling of cutter and workpiece

Fig. 1은 Catia V5로 커터 형상을 모델링하여 stp파일로 변환 후 AdvantEdge 로 import된 커터 형상에 절삭조건을 추가하여 생성된 F.E.M 모델이다.

### 3. 해석 결과

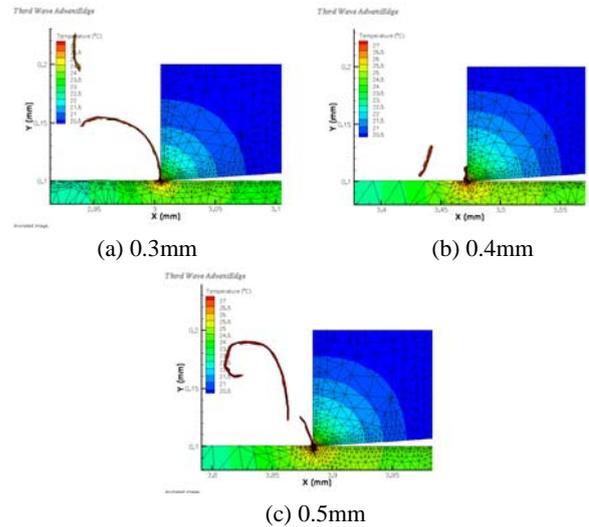


Fig. 2 Simulation result of temperature and chip formation

Fig. 2는 반경 방향의 절삭 깊이가 각각 0.3mm, 0.4mm, 0.5mm 일 때 발생하는 온도와 절삭칩의 형성을 보여준다. 26°C~27°C정도로 건식 절삭 임에도 비교적 작은 온도가 발생함을 알 수 있다. 그리고 칩 배출 또한 비교적 원활 한 것으로 보여 진다.

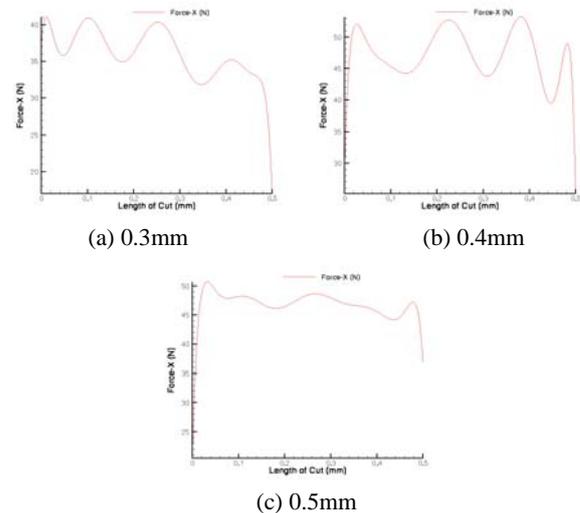
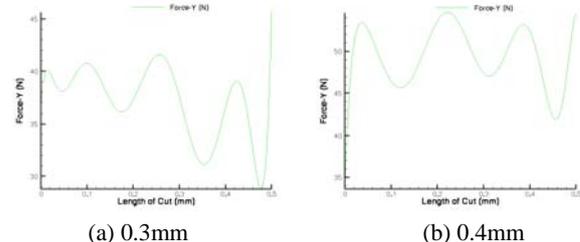
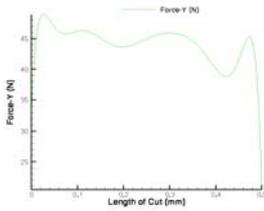


Fig. 3 Simulation result of cutting force of feed direction

Fig. 3은 절삭 시 이송방향 절삭력을 비교한 그래프이다. x축은 절삭 길이는 나타내고 y축은 절삭력 량을 나타 낸 것이다. 절삭력의 큰 차이는 보이지 않으며 약 35N~50N 정도의 절삭력이 발생하고 있다.





(c) 0.5mm

Fig. 4 Simulation result of cutting force of radial direction

Fig. 4는 절삭 시 반경방향의 절삭력을 비교한 그래프이다. x축은 절삭 길이는 나타내고 y축은 절삭력 량을 나타 낸 것이다. 이 역시 절삭력의 큰 차이는 보이지 않으며 최고 절삭력이 약 35N~50N 정도로 발생하고 있다.

4. 실험 방법

절삭력 측정을 위해 공구동력계(Kistler 9257B)와 Amplifier를 설치하고, 측정된 데이터는 Data recorder(TEAC LX-10)을 이용하여 획득하였다. Fig. 5는 정삭 공정 사진이며, Table 2은 절삭 시 절삭 조건 및 측정에 사용된 장비를 나타내는 것이다.



Fig. 5 Finishing

Table 2 Cutting conditions of finishing and measuring equipments of cutting force

Tool	Christmas tree Form Cutter
Workpiece	Al6061
Machining center	DAEWOO ACE-V45
Spindle speed	250 rpm
feedrate	3 mm/min
Cutting circumstance	dry
Radial width of cut	0.3 mm
Dynamometer	Kistler 9257B
Amplifier	Kistler 5019B
Data recorder	TEAC LX-10
Sampling frequency	1.5 kHz

5. 실험 결과

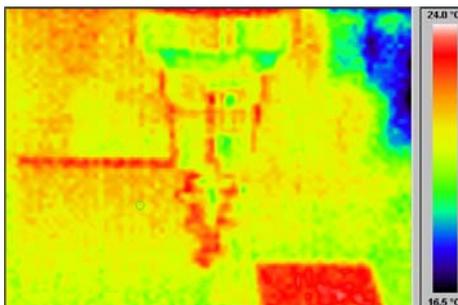


Fig. 6 Cutting force of feed direction

Fig. 6은 절삭시 발생하는 온도를 IRISYS사의 열화상 카메라 (IRI 4010K)로 측정 한 사진이다. 날끝 부위에서 미세한 온도 변화가 감지 되었다. 최고온도 약 24°C정도로 건식 절삭임에도

불구하고 높은 열은 발생하지 않았다.

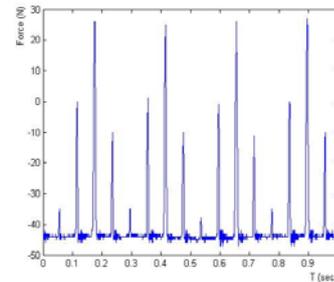


Fig. 7 Cutting force of feed direction

Fig. 7은 이송방향 절삭력을 나타낸 그래프이다. X축은 절삭 시간, Y축은 절삭력을 나타낸 것이다. 커터의 한날이 절삭할 때마다 최고 약 70N의 절삭력이 발생하는 것으로 측정되었다.

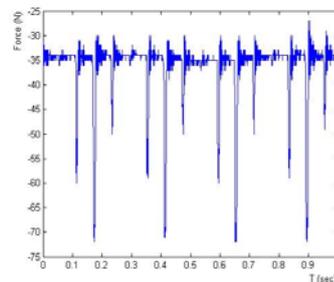


Fig. 8 Cutting force of radial direction

Fig. 8은 반경 방향 절삭력을 나타낸 그래프이다. 이 역시 X축은 절삭 시간, Y축은 절삭력을 나타낸다. 최고 약 40 N의 절삭력이 발생하여 이송방향 절삭력보다는 비교적 작은힘이 측정되었다.

6. 결론

일반 절삭과는 달리 커터의 형상이 특이하여 AdvantEdge 해석 프로그램에 적용시키는 단계에서 큰 어려움이 있었다. 하지만 많은 시행착오를 겪으면서 해석 프로그램에 대한 이해도를 높여 갈 수 있었다. 해석 결과를 토대로 실제 실험을 해 보니 완벽하지는 않지만 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 공구 크기에 비해 절삭량이 미미하여 건식 절삭임에도 불구하고 높은 온도가 발생 하지 않았으며 절삭력 역시 큰 힘이 발생하지는 않았다. 다음 연구에서는 3D해석 시간 단축에 초점을 두고 좀 더 신뢰성 있는 해석 데이터를 얻을 수 있도록 하겠다.

7. 후기

본 연구는 대구 경북 지방중소기업청 지원으로 중소기업기술 혁신개발사업의 “크리스마스트리 형상을 가진 고정도 CUTTER 개발” 과제 지원에 의해 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- 이세훈, "엔드밀의 형상모델링 기법 개발 및 해석," 영남대학교, 석사학위논문, 2005.
- 김동현, 김 경우, 김우순, 최현민, "유한요소법을 이용한 칩유동에 관한 연구," 원광대학교, 대학원논문집, 2001.