

# 순수 2 차원 절삭에서 치수효과에 대한 FEM 해석의 유효성 연구

## Validation of FEM Analysis for Size Effect in Orthogonal Cutting

\*김익현<sup>1</sup>, #황지홍<sup>2</sup>, 안일혁<sup>3</sup>

\*I. H. Kim<sup>1</sup>, #J. H. Hwang(hwangjh@snut.ac.kr)<sup>2</sup>, I. H. Ahn<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 서울과학기술대학교 NID 융합기술 대학원

<sup>2</sup> 서울과학기술대학교 제품 설계 금형 공학과, <sup>2</sup> 고려대학교 공학기술연구소

Key words : Orthogonal cutting, Intrinsic size effect, AdvantEdge™

### 1. 서론

절입량이 작아 짐에 따라서 비절삭력이 증가하는 현상을 치수효과라고 한다. 이러한 현상들은 다양한 형태의 가공 공정 중에 광범위하게 일어 나는 현상으로 절삭 공구에 있어서 공구 끝 반경보다 절입량이 작아지는 경우 이런 현상들이 확연히 확인 할 수 있다.

기존의 연구자들은 치수 효과를 이해하기 위하여 공구 끝 반경을 이용하여 왔는데, 공구 끝 반경을 이용한 치수 효과에 대한 예측은 여전히 상당한 오차를 보여주고 있다. 이는 치수 효과에 영향을 주는 인자가 공구 끝 형상뿐만 아니라 추가적인 인자가 존재할 수 있음을 의미한다. Danesh 등[1] 은 재료의 유동 응력(Flow stress)이 스트레인 그레디언트(Strain gradient)에 종속적일 경우, 가공 중에 재료 고유 치수효과(Intrinsic size effect)가 발생할 수 있다고 보고하고 있다.

즉, 절삭 가공 중에 발생하는 치수효과를 보다 깊게 이해하기 위해서는 공구 끝 형상에 따른 효과와 재료 자체가 가지는 효과를 모두 고려해야만 한다. 그러나, 측정된 결과로부터 두 개의 효과를 직접적으로 분리하는 것은 불가능하다. 따라서, 공구 끝 형상에 대한 치수효과를 제거하기 위하여 공구 끝 반경 대 절입량 비를 일정하게 유지한 실험을 수행하게 된다.

최근 마이크로 가공 연구에 유한요소기법(Finite element method) 널리 사용되고 있는데, 이 기법은 공구의 기하학적인 형상을 기준으로 절삭 과정을 시뮬레이션 하는데, 치수 효과가 발생하는 절삭 조건에 대한 시뮬레이션에 있어서는 재료가 가지는 치수효과가 반영되어 있지 않기 때문에 그 오차가 더욱 커질 수 밖에 없

Table 1 Experiment conditions

Conditions	
R <sub>c</sub> (um)	70 130
Ratio t <sub>c</sub> /R <sub>c</sub>	0.5, 0.8, 1
Feed(mm/sec)	100

게 된다.

따라서, 유한요소기법을 이용한 마이크로 가공 연구에 앞서 기존의 상용 패키지들이 재료 자체가 가지는 치수효과를 얼마나 반영하고 있는지에 대하여 평가할 필요가 있다. 본 논문에서는 공구 기하에 의한 치수효과를 제거하기 위하여 공구 끝 반경 대 절입량 비가 일정한 실험을 수행하고, 동시에 AdvantEdge™ 을 이용하여 실험과 동일한 형상에 대한 시뮬레이션을 수행하여, AdvantEdge™ 에서 재료가 가지는 치수효과를 반영하는지를 알아 보았다.

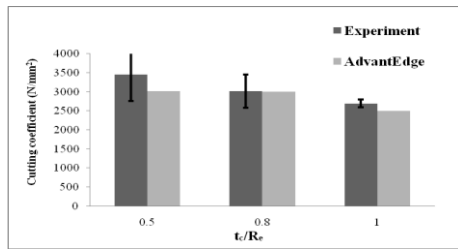
### 2. 실험

순수 2 차원 절삭 실험을 위하여 2 차원 절삭이 가능한 실험 장치를 구성하였으면, 절삭이 이루어지는 동안의 절삭력을 측정하기 위하여 공구 동력계를 실험 장치에 부착하였다.

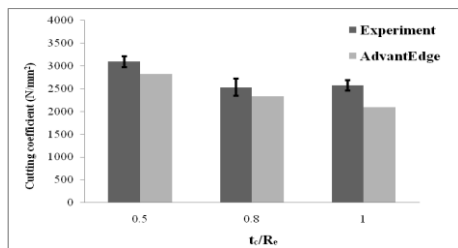
실험에 사용된 재료는 AdvantEdge™ 에서 재료 물성치가 제공되고 있는 Al6060-T6 를 이용하였으면, 실험 조건들은 Table 1 에 표시하였다. 여기에서, R<sub>c</sub> 측정된 공구 반경을 t<sub>c</sub> 절삭 두께를 나타낸다.

### 3. 시뮬레이션

AdvantEdge™ 의 치수효과에 대한 유효성을

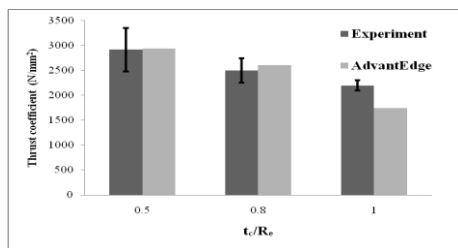


(a)  $R_e=70\mu\text{m}$

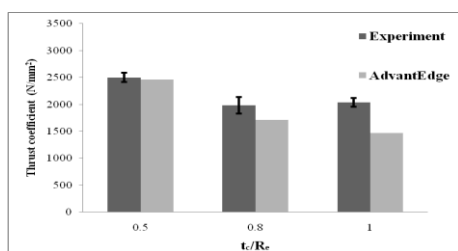


(b)  $R_e=130\mu\text{m}$

Fig. 1 Variation of cutting coefficient ( $K_c$ ) with ratio of  $t_c/R_e$



(a)  $R_e=70\mu\text{m}$



(b)  $R_e=130\mu\text{m}$

Fig. 2 Variation of thrust coefficient ( $K_t$ ) with ratio of  $t_c/R_e$

보기 위하여 마찰 계수나 경계조건 등 해석 변수들을 기본 설정치를 사용하였으며, 해석에 사용된 공구 형상 치수는 실험에 사용된 공구의 형상을 측정하여 그 값을 이용하였다.

#### 4. 결과 및 고찰

Fig. 1 과 2 에 실험과 AdvantEdge™ 를 이용하여 얻은 절삭 방향과 축 방향 결과 값을 각각 나타내었다. 두 결과 모두  $t_c/R_e$  가 감소함에 따라서 절삭계수가 증가하고 있음을 보여주고 있는데, 이는 AdvantEdge™ 에서 사용된 알고리즘 중에 재료에 의한 치수효과를 간접적으로 반영할 수 있는 부분이 포함되어 있는 것으로 생각된다.[2]

이러한 효과를 보다 적극적으로 반영하기 위해서는 별도의 치수효과 파라미터를 설정할 수 있도록 하거나, 재료의 물성치에 이러한 효과를 포함 시키도록 해야만 할 것으로 생각된다. 전자의 경우는 AdvantEdge™ 개발사에서 해결할 문제라면, 후자의 경우 사용자가 실험의 결과를 기초로 하여 재료 물성치 조절하고 이를 기반으로 AdvantEdge™ 을 이용하여 연구에 이용한다면 보다 정확한 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

#### 5. 결론

재료 자체가 가지는 치수효과를 AdvantEdge™ 에서 얼마나 반영되고 있는지를 평가한 결과 Al6060-T6 재료에 대한 치수 효과는 일정 수준 반영되고 있음을 알 수 있었다. 그러나, 차후에 재료에 대한 치수효과를 보다 효율적으로 반영하기 위한 연구가 필요할 것으로 생각되었다.

#### 후기

본 연구에 도움을 주신 (주)Prism 과 (주)Korloy 에 감사에 말씀을 드립니다.

#### 참고문헌

1. Dinesh, D, Swaminathan, S. Chandrasekar, S. and Farris, T. N., "An Intrinsic Size-Effect in Machining Due to the Strain Gradient", Proc. ASME Manufacturing Engineering Division (MED), **12**, 197-204, 2001.
2. Marusich, T.D. and Ortiz, M., "Modelling and Simulation of High-Speed Machining," International Journal for Numerical Methods in Engineering, **38**, 3675-3694, 1995.