

역설계와 FEM 을 이용한 공구변형에 대한 연구 Tool Deflection using Reverse Engineering and FEM

*#이해수¹, 김진아¹, 박병훈,¹ 김태호,² 전언찬,³

*H.S. Lee(leehaeso@gmail.com), J.A. Kim, B.H. Park, T.H. Kim, E.C. Jeon

¹동아대학교 대학원, ² (주)대진유압기계, ³동아대학교 기계공학과

Key words : FEM, 역설계(Reverse Engineering), Endmill

1. 서론

엔드밀링 공정은 기계 부품 및 금형제작에 사용되는 중요한 가공 공정으로, 가공 중 공구에 부가되는 절삭력은 공구의 변형을 발생시켜 제품의 형상 정밀도, 표면거칠기, 치수 정밀도에 많은 영향을 준다.^[1] 엔드밀링은 현대 산업에 있어서 큰 비중을 차지하고 있으며, 이에 대한 많은 연구도 시행되고 있다. 하지만 기존의 시행되었던 엔드밀에 대한 FEM을 이용한 연구들의 특징은 해석컴퓨터의 사양과 엔드밀의 비선형적인 형상으로 인해 복잡한 형상을 가지는 엔드밀의 형상을 봉의 형상이나 특정 단순 형상을 가지는 것으로 가정하여 이루어지는 연구가 주를 이루었다.^[2,3,5] 하지만 최근 workstation의 고사양화 등의 사용자 환경이 변화하고 있다. 그리하여 본 연구에서는 3D Scanner를 이용한 역설계를 통하여 엔드밀의 실제형상을 이용하여 FEM방식의 연구를 수행하고 이와 함께 엔드밀의 굽힘시험을 통하여 FEM 해석의 결과값의 비교 검증을 하였다.

2. 배경이론

Endmill의 변형량은 식 (2.1)을 이용하여 예측이 가능하며 단면 2차 모멘트는 식(2.2) 직경은 환산식(2.3)을 이용하여 구할 수 있다.^[4]

$$\delta = \frac{P * L^3}{3 * E * I} \quad (2.1)$$

$$I = \frac{\pi D^4}{64} \quad (2.2)$$

$$D = 0.7 \sim 0.8 D_0 \quad (2.3)$$

3. 공구형상 획득

본 실험에는 OSG社의 지름 8mm 두 날 평 Endmill 을 사용하였다. 하지만 Endmill 의

형상은 단순히 CAD 만을 사용하여서는 획득하기 어렵다. 그로인하여 Breuckman社의 stereo-SCAN 을 사용하여 Endmill 의 Polygon data 를 획득하고, Rapidform XOR3 를 이용한 역설계로 Fig.1 에서와 같은 Endmill 의 실제 형상을 모델링하였다.

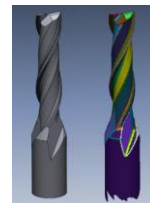


Fig. 1 Polygon data and solid data

4. Endmill의 굽힘시험

4.1 만능 시험기를 이용한 시험

KDMT-156 만능시험기와 별도의 제작된 치공구를 사용하여 Endmiling 과정 중 주된 변형이 발생하는 상황인 측벽가공형태로 하중이 발생 하는 환경을 조성하여 시험을 실시하였고, 시험을 통하여 하중에 따른 공구의 변형량을 측정하였다. Fig. 2 는 굽힘시험의 장치의 모습이다.



Fig. 2 Bending test of endmill

4.2 ANSYS workbench 를 이용한 해석

상용 FEA Tool 인 ANSYS workbench 를 이용하였고, 비교 변수로는 Geometry 로 두었으며,

역설계를 통하여 생성된 실제형상과 지름 6.4mm 원기둥형태의 단순화된 엔드밀 형상 두 가지 경우의 해석을 실시하였다. 경계 조건과 하중조건은 두 경우 모두 동일한 조건을 부여하였으며, 두 조건 모두 굽힘시험과 동일한 조건을 부여하기 위해, 치공구의 고정부의 넓이 만큼의 고정조건과 굽힘시험 시 측정되었던 하중을 기준으로 하중조건을 부여하였다.

Table 1 Material property of HSS

Table legend	Table data
Young's Modulus	225GPa
Poisson's Ratio	0.29
Shear Modulus	87GPa
Tensile Yield Strength	2.2GPa

HSS의 물성치값은 Table 1에서의 값을 사용하였다.

5. 결과

실제형상을 사용하여 해석한 결과 응력 집중부위가 Fig. 3에서와 같이 실제 굽힘시험 시 파단이 발생한 부분과 일치함을 알 수 있었고, 응력집중의 결과는 Geometry와 상관없이 동일한 형태를 보임을 알 수 있었다. 변형량의 결과값은 Fig. 4에서와 같은 값이 나타났다.

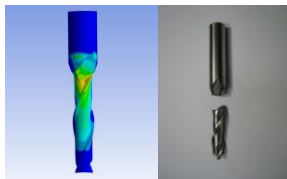


Fig. 3 Stress distribution and breakage

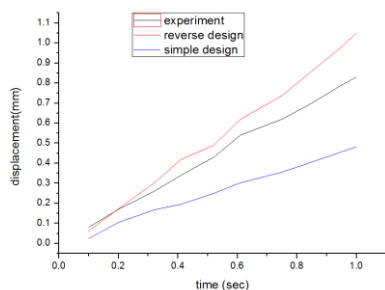


Fig. 4 Comparison of displacement

6. 결론

1. 3D-Scanning 기술과 역설계를 공구변형 연구에 적용함으로써 공구에 대한 실제형상을 사용한 연구가 가능하였음
2. 두 조건의 시뮬레이션과 실험 시 발생한 변형량을 비교하여 보았을 때, 실제형상을 이용한 해석의 결과가 실험값과 근사한 결과를 보임.
3. 공구에 대한 응력에 관련된 연구보다 변형량에 관련된 연구 시 실제형상을 사용한 연구가 효과적인 결과를 보일 것으로 판단됨.

후기

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업[RTI 04-01-03] 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Gun-Hee Kim, Jong-In. Son "A Study on Observation Method of Tool Deflection using High-Speed camera", KSMTE Spring Conference, 2007, pp. 363~368
2. Jeong-su Lim, Hee-ju Cho, Tae-il Seo, "Tool Deflection Estimation in Micro Flat End-milling Using Finite Element Method", Journal of the Korean Society of Machine Tool Engineers Vol.19 No.4, 2010, pp.498~503
3. Du-Seong Jeon, Tae-il Seo, Gil-Sang Yoon "A Study of Machining Error Compensation for tool Deflection in side-Cutting processes using Micro End-mill", Transactions of the KSMTE. Vol. 17 No.2, 2008, pp.128~134
4. 이모세 "볼엔드밀 작업에서의 공구 변형 예측에 관한 연구", 연세대학교 산업대학원 석사학위 논문, 2001
5. Jong-Jin Bae "Characteristics of form accuracy in Endmill" Dept. of Mechanics & design Graduate School, Kook Min University, 2002