

마이크로 엔드밀링시 AE신호를 이용한 가공면 상태 감시 Machined surface texture monitoring using acoustic emission signals in micro milling process

*장수훈¹, 박진호¹, 강익수¹, #김정석¹, 우용원², 이현호²
*S.H. Jang¹, J.H. Park¹, I.S. Kang¹, #J.S. Kim(juskim@pusan.ac.kr)¹, Y.Y. Woo², H.H. Lee²
¹ 부산대학교 기계공학부, ²(주)나노테크

Key words : Micro endmilling, Acoustic emission, Surface texture

1. 서론

마이크로 형상의 부품은 부품치수에 따라 서브밀리시스템, 마이크로미터시스템, 나노미터시스템으로 나눌 수 있다. 이러한 부품의 제조에 사용되는 기술을 마이크로머시닝 또는 미세가공 기술이라 불리며, 이러한 기술은 가공치수와 가공단위, 가공프로세스 등에 따라 많은 형태 구분할 수 있다.[1,2] 마이크로 부품의 수용에 대응하기 위해 최근 초정밀 절삭가공기술은 초소형 마이크로 기계부품과 대면적의 마이크로 형상부품 가공기술을 동시에 추구하는 방향으로 전개되어지고 있다. 한 대의 기계에서 다양한 형상의 마이크로부품을 제조할 수 있는 다축복합가공시스템의 개발 등 생산성 향상을 위한 노력은 지속적으로 발전하고 있다.[3] 또한, 생산 공정의 자동화에 있어 가공기의 상태진단 및 감시는 매우 중요한 비중을 차지하게 되며, 고품질의 생산품을 얻기 위한 최적화된 품질감시기술의 필요성에 대한 관심은 날로 증가하고 있는 실정이다.[4] 감시기술의 발전은 생산품질은 물론 생산성 향상에 큰 기여를 할 수 있을 것이라 예상되어진다. 본 논문에서는 마이크로 엔드밀링시 가공조건별 AE(acoustic emission)신호를 획득하였으며, 이 신호를 이용하여 표면거칠기 및 표면상태를 감시할 수 있는 센싱기술을 개발하고자 한다.

2. 마이크로 엔드밀링 실험

본 마이크로 엔드밀링 실험에서 사용되어진 피삭재는 Al6061로 5x20mm의 면적을 가지고 있으며, 직경 200 μ m인 마이크로 엔드밀을 사용하였다. 또한, 최대 회전수 80,000rpm급 에어터빈 스피들(Air-turbine spindle)을 머시닝 센터 주축에 장착하여 실험을 수행하였다. Fig. 1은 실험장치 사진을 보여주고 있으며, Table 1은 실험에 사용되어진 장치의 사양을 보여주고 있다. 가공조건은 스피들 회전수 58,000, 66,000, 70,000rpm이며, 이송속도는 116, 132, 140mm/mim로 정하였다. 그 외 가공조건은 Table 2에 나타내었다. 미세절삭조건에 현상파악을 위해 주파수범위가 넓고, S/N가 높은 센서가 요구된다. 이러한 요구조건에 적합하며, 설치의 용이성으로 마이크로가공실험에 AE센서 사용은 효과적으로 적용할 수 있다.[5] 실험에 사용되어진 AE센서는 PAC사의 Pico-type 센서로 광대역에서 안정적인 응답성을 갖는 특성이 있으며, AE센서는 가공상태의 특성을 분석하기 위해 피삭재 Y축 방향에 부착하였다. AE 신호는 피삭재 이송방향(5mm)에 해당하는 전 영역에서의 신호를 획득하였다. 또한, 가공되어진 피삭재에서 이상신호가 나타나는 0 ~ 0.5s (L1), 1 ~ 2s (L2), 2 ~ 3s(L3) 구역에서의 표면거칠기를 측정하였다.

Table 1 Specification of experimental setup

Machining center	MAKINO V-55
Air-turbine spindle	BIG BT40 (Max.80,000rpm)
Pre-amplifier	PAC 1220A
AE sensor	PAC Pico (250-270kHz)
Oscilloscope	Lecroy 9330A
CCD camera	Neocom(x400)
Optical microscope	Olympus measuring STM-MJS2
Non-contact surface profile	NV-E1000



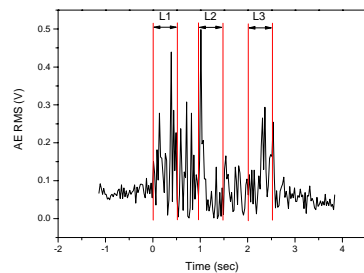
Fig. 1 Experimental setup

Table 2 Experimental condition

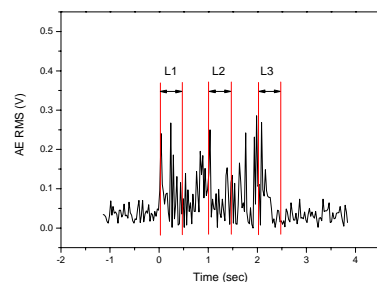
Spindle speed (rpm)	58,000 , 66,000 , 70,000
Feed rate(rpm)	116 , 132 , 140
Axial depth of cut(μ m)	20
Feed per tooth(μ m/tooth)	1.0
Tool	\varnothing 200 μ m WC Flat end mill
Workpiece	Al6061
Cutting fluid	Dry

3. 실험 결과 및 고찰

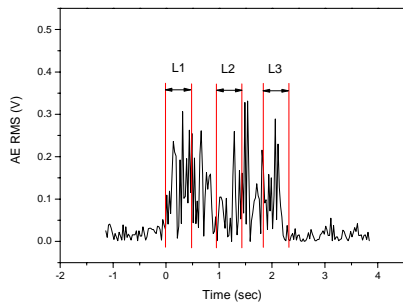
AE신호는 5초 동안 50,000개의 데이터를 획득하였으며, 정량적인 분석을 위해 AE 원신호를 RMS 값으로 변환하여 가공이 이루어지는 0초에서 2.5초 동안의 영역을 분석하였다. 가공조건별 AE RMS 신호를 Fig. 2에 나타내었다. 각 조건에 해당하는 영역별 광학현미경사진과 표면거칠기 구배(Profile)은 Fig. 3에 나타내었으며, 측정된 표면거칠기(Ra)는 Table 3에 나타내었다.



(a) AE RMS at spindle speed 58,000rpm and feed 116mm/min



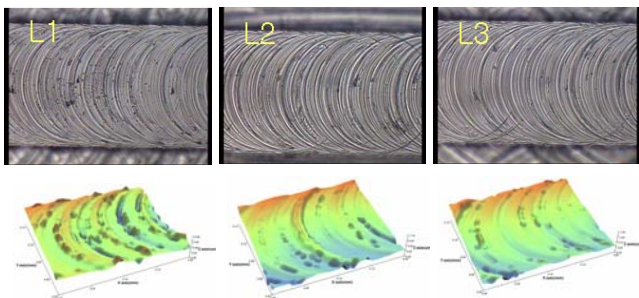
(b) AE RMS at spindle speed 66,000rpm and feed 132mm/min



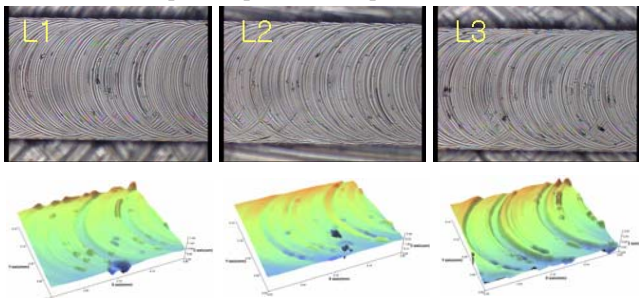
(c) AE RMS at spindle speed 70,000rpm and feed 140mm/min

Fig. 2 AE RMS according to cutting condition

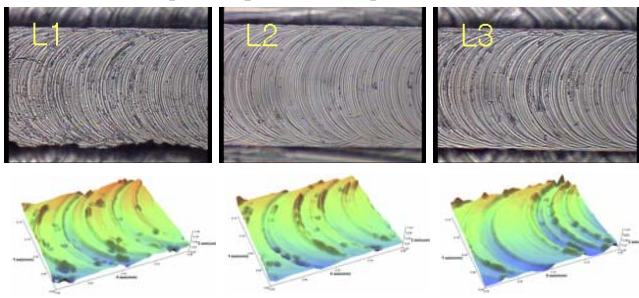
Fig. 2 (a)는 (b)와 (c)에 비해 낮은 회전수와 이송속도의 영향으로 AE RMS 값이 0.3V이상으로 나타났으며, L1, L2, L3 모든 영역에서 불균일한 진폭양상을 보여줌을 알 수 있었다. 초기 절삭에너지 증가가 AE RMS에 영향을 미친 것으로 사료되고, 표면거칠기의 값 또한 (b)와 (c)에 비해 증가함을 알 수 있었다. 또한, Fig. 3(a)에서 가공면의 3차원 구배 측정결과와 광학현미경 측정사진으로부터 가공면의 상태도 불균일함을 알 수 있다.



(a) Profile at Spindle speed 58,000rpm and Feed 116mm/min



(b) Profile at Spindle speed 66,000rpm and Feed 132mm/min



(c) Profile at Spindle speed 70,000rpm and Feed 140mm/min

Fig. 3 Machined surface texture according to cutting condition

(b)의 가공조건에서는 L1, L2, L3의 표면거칠기 측정구역인 3구역 전체적으로 표면거칠기가 일정하였고, AE RMS 신호에서도 다른 조건에 비하여 RMS 진폭이 일정함을 알 수 있다. 또한, 표면거칠기 값도 3가지 조건 중 가장 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 가공이 안정적으로 진행되는 상태를 AE 신호로부터 감시가 가능함을 보여주고 있다.

(c)의 가공조건에서는 L1과 L3는 L2에 비해 상대적으로 AE RMS 진폭이 크게 나타남을 볼 수 있었으며, 큰 진폭을 발생한 L1과 L3에서는 L2보다 표면거칠기가 크게 측정된 것을 Table 3에서부터 알 수 있다.

Table 3 Comparison of surface roughness(μm)

	L1	L2	L3	Mean
(a)	0.067	0.059	0.063	0.063
(b)	0.050	0.047	0.050	0.049
(c)	0.055	0.047	0.059	0.053

4. 결론

마이크로 엔드밀링시 AE신호를 이용하여 표면상태 특성을 분석한 결과를 다음과 같이 나타낼 수 있었다.

표면거칠기의 상태에 따라 AE RMS의 진폭이 변화됨을 알 수 있었으며, 그에 따른 가공 표면상태를 광학현미경으로 확인할 수 있었다. 또한, 가공조건은 표면상태 및 AE RMS에 큰 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있었다. 이러한 결과로부터 마이크로 엔드밀링시 AE RMS 신호분석을 통해 가공면의 상태감시가 유효함을 알 수 있다.

후기

본 연구는 2007년 산업자원부 부품·소재기술개발사업의 일환으로 (주)나노테크의 연구비 지원에 의해 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Tusty, J., Smith, S. and Zamudia, C., "Operation Planning Based on Cutting Process Model," Annals of the CIRP, 39, 517-521, 1990.
2. Shin, B. S, Choi, D. S, Je, T. J, Whang, K. H, Yang, D. Y, "Development of rapid manufacturing process by high-speed machining with automatic fixturing", JMPT, pp.363-371, 2002. 3
3. Lee, E.S, Je, T.J, Ohmori H, "Development of cylindrical grinding technology with electrolytic in-process dressing method", International Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol.1, No.1, pp.127-132, 2006. 6
4. Steffan Soderberg and Strure Hogma, "Wear Mechanism and Tool Life of High Speed Steels related to Microstructure", 110, pp.315-329, 1986
5. Lee, D. E., Hwang, I., Valentre, C.M.O.,Oliveira,J.F.G. and Dornfeld, D.A., "Precision Manufacturing Process Monitoring with Acoustic Emission,"International Journal of Machine Tools nad Manufacture, 46,pp.176-188,2006