

곡률 형상 자기연마 공정에서 AE신호를 이용한 모니터링 연구 A Study on AE Monitoring for Magnetic Abrasive Polishing of Curvature Surface

*김상오¹, #곽재섭², 강한성¹, 홍순혁³, 손출배⁴, 유만희⁵

*S. O. Kim¹, #J. S. Kwak(jskwak5@pknu.ac.kr)², H. S. Kang¹, S. H. Hong³, C. B. Son⁴, M. H. You⁵
¹부경대원, ²부경대학교 기계공학과, ³부경대학교 산학협력단, ⁴한국정밀(주), ⁵부산인력개발원

Key words : Acoustic Emission, Magnetic Abrasive Polishing, Magnetic Array Table

1. 서론

자기연마법은 자기장에 의해 형성된 자기력선 방향으로 연마입자와 자성입자가 정렬하여 유연성 있는 브러쉬 형태의 공구가 형성되어 금형면과 같은 자유곡면의 표면가공에도 적용이 가능한 장점을 가진다. 고품질의 제품생산 및 생산효율의 증대를 위해서 가공특성을 평가하는 모니터링 기술이 중요하게 작용한다. 자기연마는 절삭력이 작기 때문에 미세한 변화에도 반응할 수 있는 민감성을 가진 음향방출 센서가 많이 사용되고 있다.⁽¹⁾

본 연구에서는 곡률형상 자기연마 공정에서 AE 센서로 신호를 획득하고 분석하여 곡면에 형성된 자기력의 분포에 따른 자기연마가공의 상태를 비교하고 그 특성을 평가하고자 한다.

2. 제 2세대 자기연마 및 AE 신호분석

비자성체의 가공에서 자기력선의 방향이 공작물 방향으로 형성되지 않으므로, 공작물의 표면에서 철 입자와 같은 자성입자가 가공에 필요한 만큼의 법선력을 전달하지 못하여 연마 입자의 모멘트를 증가 시킨다. 그 결과 효율적인 가공을 할 수 없다. 반면, 제 2세대 자기연마는 전자석을 이용한 어레이 테이블이 공작물 아래에 설치되어 자성입자가 공작물 아래에 발생한 자기력에 의해 충분한 법선력을 가지게 되어 효율적인 가공을 할 수 있다.

AE 시스템이란 물체가 어떠한 힘에 의해서 변형, 균열이 일어날 때 발생하는 탄성파를 AE센서로 측정해서 물체의 결함 예측 및 판단을 가능하게 하는 것을 말한다. AE신호의 에너지 척도로는 실효치 전압(AE_{rms})값이 가장 일반적으로 사용되고, 이 값은 AE신호의 에너지양이며 AE 발생원의 일량으로도 해석이 가능하다.

3. 실험의 구성

Fig. 1과 2는 AE신호 측정 시스템의 개략도 및 구성을 보여준다. AE센서(100~750kHz)로부터 가공 과정에서 발생하는 신호는 전치 증폭기를 사용해서 증폭이 되며, A/D board에 의해 디지털 신호로 변환되고 이를 Labview를 통해 BPF 필터링 및 데이터 저장 과정이 진행된다. 곡률 형상의 자기연마 공정에서 발생하는 AE신호의 특성을 분석하기 위해서 반경이 R39인 공작물에 간극이 1.5mm 공구회전수는 800rpm이 적용되었다. 연마입자는 철 분말과 GC(#1500)를 점도가 300,000cs인 실리콘 겔을 혼합하여 공구에 공급하였다. 전자석 어레이 테이블은 비자성체의 자기력 향상을 위해 설치되었다.

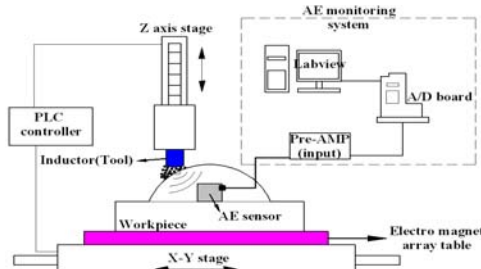


Fig. 1 Schematic of acoustic emission system

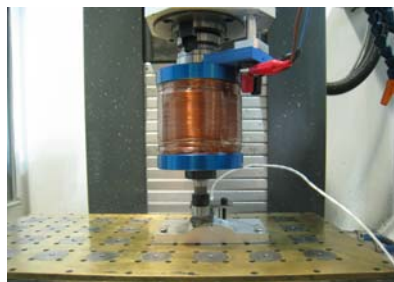


Fig. 2 Experimental setup for magnetic abrasive polishing

4. 실험결과 및 분석

곡물형상의 자기연마에서 전자석의 배열과 극성변화 및 가공경로에 따른 자기연마 AE 모니터링 특성을 평가하기 위하여 Table 1의 극성조건과 Fig. 3과 같은 가공경로를 설정하였다. AE 신호의 분석은 각 전자석의 배열에서 각각의 경로에 따라 AE 신호를 추출하고 이를 분석하였다. 신호는 DAQ 장치를 이용해서 2MS/s의 샘플링 속도로 데이터를 획득하고, 100~750kHz의 대역 통과 필터로 필터링하였다. AE 신호분석 결과는 Fig. 4와 같이 자기연마 공구가 공작물에 표면에 접촉하는 시점부터 12초 동안의 AE_{rms} 값과 각 조건에 따른 표면거칠기 향상값의 비교를 통해 AE신호와 표면거칠기 향상과의 상관성을 분석하였다.

그 결과 Fig. 5와 같이 극성의 배열이 S-N-S일 경우 전체적인 표면거칠기의 향상 정도가 크다. 이러한 결과는 S-N-S의 극성배열에서 발생하는 자기력의 분포가 곡물의 형상과 유사하기 때문이다.

Table 1 Conditions of electro-magnet array table

Conditions	Maximum magnetic flux density
N pole	22.3mT
S-N-S combination	29.3mT
S-N-N-N-S combination	20.1mT

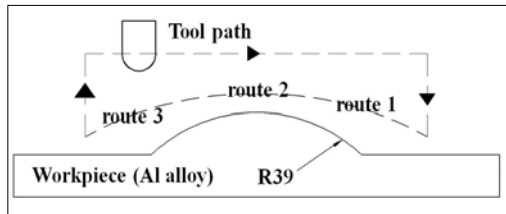


Fig. 3 Tool path and verification point after MAP

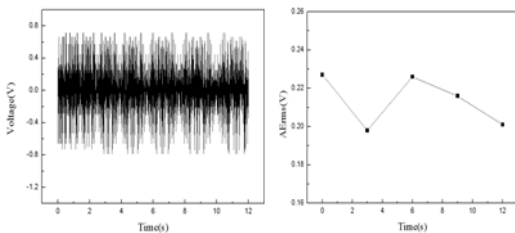


Fig. 4 Raw signal and AE_{rms}

또한 Route 1에서의 표면거칠기 향상이 높게 나타난다. 이러한 결과는 자기연마 입자균에 형성되는 연마압력이 상승 가공경로에서 높게 형성되기 때문이라 유추할 수 있다. 여기서 AE_{rms} 의 값은 이러한 표면거칠기의 향상 정도와 유사한 경향을 보이며 증감한다. 가장 높은 AE_{rms} 값은 S-N-S의 극성 배열과 상승 가공경로에서 0.227V로 가장 높게 나타난다. 이러한 결과를 통해 AE_{rms} 값의 모니터링을 통해 표면거칠기의 향상 정도를 유추할 수 있음을 확인 할 수 있다.

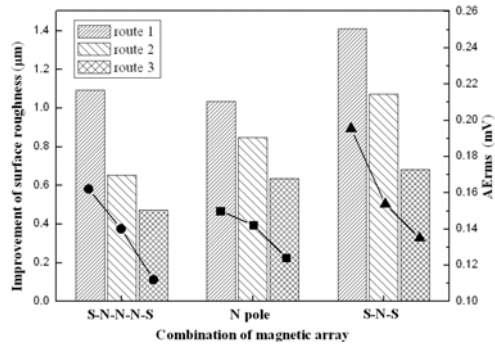


Fig. 5 Improvement of surface roughness and AE_{rms}

5. 결론

곡물형상의 자기연마에서 전자석의 배열과 극성변화 및 가공경로에 따른 자기연마 AE 모니터링 특성을 평가하기 위한 실험을 수행한 결과 S-N-S의 극성 배열에서 가장 높은 표면거칠기의 향상을 확인하였고 또한 상승 가공경로에서 상대적으로 높은 표면거칠기 향상을 나타내었다. 이러한 결과는 AE_{rms} 값의 증감과 동일한 경향을 나타내고 있어 곡면 자기연마에서 AE_{rms} 값의 모니터링을 통해 표면거칠기의 향상을 유추 할 수 있음을 나타낸다.

후기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2010-0015271)

참고문헌

1. Feng, J. Kim, B. S., Shih, A. and Ni, J., "Toll wear monitoring for micro-end grinding of ceramic materials," Journal of Materials Processing Technology, **209**, 5110-5116, 2009.