

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

\*김상오<sup>1</sup>, #곽재섭<sup>2</sup>, 강한성<sup>1</sup>, 홍순혁<sup>3</sup>, 손출배<sup>4</sup>, 유만희<sup>5</sup>

\*S. O. Kim<sup>1</sup>, #J. S. Kwak(jskwak5@pknu.ac.kr)<sup>2</sup>, H. S. Kang<sup>1</sup>, S. H. Hong<sup>3</sup>, C. B. Son<sup>4</sup>, M. H. You<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>부경대원, <sup>2</sup>부경대학교 기계공학과, <sup>3</sup>부경대학교 산학협력단, <sup>4</sup>한국정밀(주), <sup>5</sup>부산인력개발원

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.<sup>(1)</sup>

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<sub>rms</sub>)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.

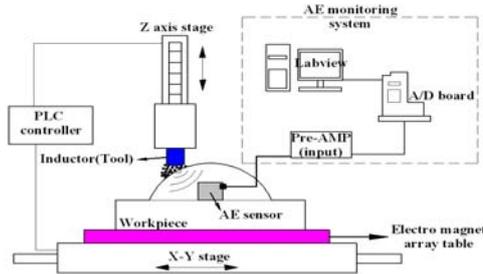


Fig. 1 Schematic of acoustic emission system

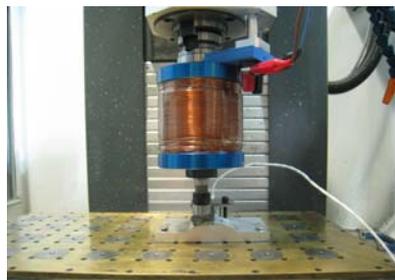


Fig. 2 Experimental setup for magnetic abrasive polishing

#### 4. 실험결과 및 분석

곡률형상의 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 곡률의 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

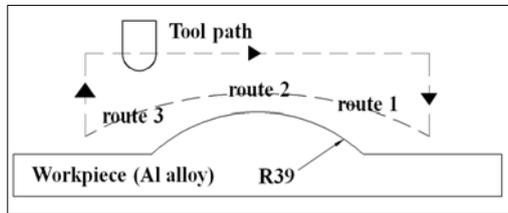


Fig. 3 Tool path and verification point after MAP

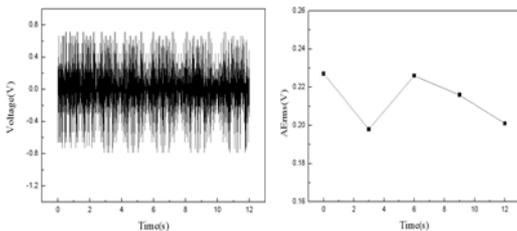


Fig. 4 Raw signal and  $AE_{rms}$

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.

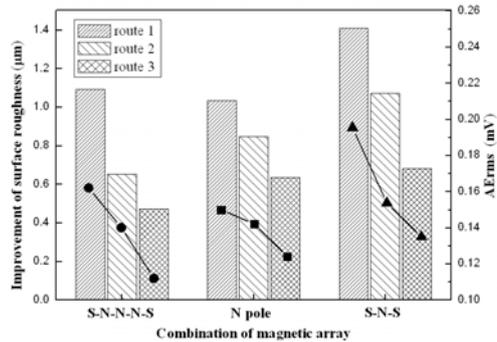


Fig. 5 Improvement of surface roughness and  $AE_{rms}$

#### 5. 결론

곡률형상의 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.