

가공물의 곡률변화에 따른 제 2세대 자기연마 가공특성 연구 Characteristic on Magnetic Abrasive Polishing with Change of Curvature

*김상오¹, #곽재섭², 김태희¹

* S. O. Kim¹, # J. S. Kwak(jskwak5@pknu.ac.kr)², T. H. Kim²

¹부경대학교 대학원, ²부경대학교 기계공학과

Key words : Second Generation MAP, Non-Ferrous Material, Magnetic Flux Density

1. 서론

자기연마법은 기존의 연마방법과 다르게 매우 유연성을 지닌 공구를 사용하여 연마하는 방식이다. 자기연마입자는 전자기장의 영향으로 인해 공작물과 공구사이에 브러쉬 형태로 배열되고, 공구의 회전력에 의해 연마공정을 수행한다.^(1,2) 따라서 이러한 자기연마법은 금형면과 같은 자유곡면의 표면가공에도 적용이 가능한 장점을 가진다. 본 연구에서는 공작물에 곡률에 따른 자기력 형성 특징과 자기연마 가공특성을 평가하고 이를 분석하였다.

2. 제 2세대 자기연마

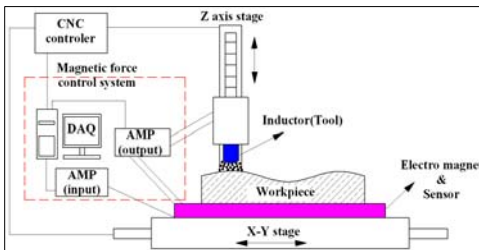


Fig. 1 Rotational track and magnetic flux density

비자성체의 가공에서 자기력향상을 위한 방안이 적용되지 않은 경우, 공작물의 표면에서 철 입자와 같은 자성 입자가 연마입자에 가공에 필요한 만큼의 법선력(Fm)을 전달하지 못하여 연마입자의 모멘트(Mt)를 증가시킨다. 그 결과 효율적인 가공을 할 수 없다. 반면, 영구자석이나 전자석을 이용한 경우 연마입자가 공작물 아래에서 발생하는 자기력에 의해 충분한 법선력을 가지게 되어 효율적인 가공을 할 수 있다.

2세대 자기연마는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 복잡한 자유곡면에 적용이 가능한 구성으로 되어

있을 뿐 아니라 전자석을 이용한 어레이 테이블이 공작물 아래에 설치되어 모든 비자성체의 표면 정밀가공에도 적용 될 수 있는 특징을 가진다.

3. 자기력 시뮬레이션

제 2세대 자기연마를 이용한 비자성체의 곡면가공에서 자기력 향상을 위하여 적용된 전자석 어레이 테이블과 자기연마 공구에 의해 형성하는 자기력을 공작물의 곡률 반경에 따라 시뮬레이션 하였다. Fig. 2는 시뮬레이션에 적용된 전자석의 배치와 공작물의 곡률(θ)을 나타낸다. 모두 5개의 전자석이 공작물 표면의 자기력 향상을 위하여 동작 하고 있다. 시뮬레이션은 ANSYS Workbench를 이용하여 평가되었으며, 각 전자석의 권선 수 및 인가 전류값은 실험에 적용된 값과 일치한다. 그리고 공구와 공작물 사이의 간극은 1.5mm로 적용한다. 시뮬레이션의 결과는 Fig. 3과 같이 공작물 표면의 자속밀도로 나타낸다. 그 결과 Table 1과 같이 반경이 R50과 R39인 경우의 최대 자속밀도가 낮다. 반면 R85인 경우가 가장 높은 최대 자속밀도를 나타낸다. 이러한 시뮬레이션의 결과는 동일 조건에서의 측정결과 값과 일치하는 경향을 보인다.

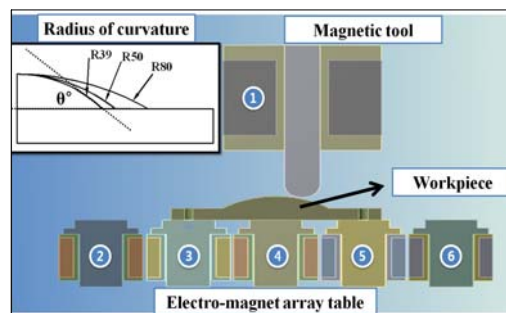
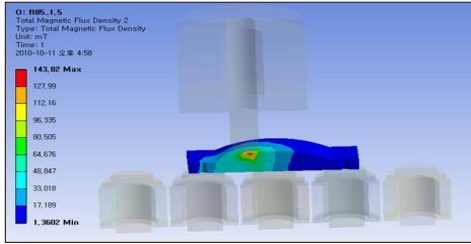
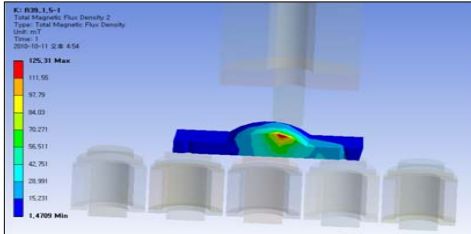


Fig. 2 Modeling of simulation conditions and radius of curvature



(a) R: 85mm, Gap: 1.5mm



(b) R: 50mm, Gap: 1.5mm

Fig. 3 Magnetic flux density on workpiece

Table 1 Results of simulation and measured values

	R85(mT)	R50(mT)	R39(mT)
Simulation results	Max.143.8	Max.121.6	Max.125.3
Measured values	Max.143.3	Max.125.1	Max.127.2

4. 곡률변화에 따른 가공특성

곡률의 변화에 따라 자속밀도가 변화하고 이에 따른 가공효율도 변화한다. 이러한 가공특성 분석을 위하여 Fig. 4와 같은 공구경로와 평가구간(Upward route, Top route, Downward route)을 설정하고 시뮬레이션과 동일한 자기력을 부가하였다. 자기연마 공정은 간극이 1.5mm, 공구의 회전수가 800rpm, 20회의 경로 반복이 적용되었다. 실험에 적용된 자기연마 입자는 점도가 300,000cs인 실리콘 겔을 철 분말 및 GC(#1500)를 혼합하여 사용 2.5g을 공구에 공급하였다. 실험 결과는 Table 2에 나타나는 것과 같이 Upward인 구간에서 곡률 변화와 무관하게 표면거칠기의 향상값이 가장 높게 나타난다.

또한 공작물의 곡률반경에 따른 표면거칠기의 변화는 곡률 변화에 따른 자속밀도 시뮬레이션 결과와 유사한 경향을 보인다. 곡률 반경이 R85인 경우가 평균적으로 가장 높은 표면거칠기 향상을 보이고 R39, R50일 때의 순으로 표면거칠기의 향상 결과를 보인다. 이는 자기연마 효율이 자속밀도의 세기에 직접적인 영향을 받기 때문이다.

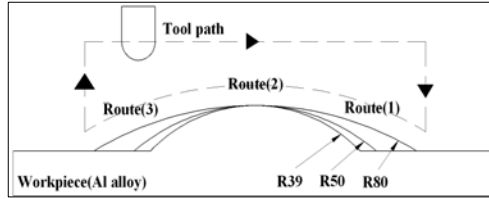


Fig. 4 Tool path and verification point after MAP

Table 2 Experimental results for each route

	Ave. Enhanced Ra(ΔRa , μm)		
	R39	R50	R85
Route(1)	1.09	1.04	1.29
Route(2)	0.65	0.18	0.64
Route(3)	0.47	0.39	0.35

5. 결론

본 연구에서는 제 2세대 자기연마를 이용한 비자성체의 자기연마 공정에서 공작물의 곡률변화에 따른 자기력 형성 특징 및 가공특성을 분석하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 전자석 어레이 테이블이 적용된 비자성체 표면의 시뮬레이션 결과 공작물의 곡률 반경이 R50일 때 최대 자속밀도가 가장 낮다. 반면 반경이 R85인 경우 가장 높은 자속밀도를 나타낸다. 곡률에 따라 최대 자속밀도가 변화함을 알 수 있다.
2. 곡률변화에 따른 가공특성 평가 결과 Upward 가공경로에의 표면거칠기 향상이 가장 크고, 곡면 표면 자속밀도의 크기에 따라 표면거칠기의 향상정도가 변화한다.

후기

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

참고문헌

- 1.Chang, G. W., Yan, B. H. and Hsu, R. T., "Study of Cylindrical Magnetic Abrasive Finishing using Unbonded Magnetic Abrasives," International Journal of Machine Tool & Manufacture, 42, 575-583, 2002.
- 2.Singh, D. K. and Jain, V. K., "Analysis of Surface Texture Generated by a Flexible Magnetic Abrasive Brush," WEAR, 259, 1254-126, 2005.