

생산성을 고려한 대면적 자기연마특성 연구 A Study on The Characteristic of MAP on A Large Area

*김상오¹, 하만경², #곽재섭²

*S. O. Kim¹, M. K. Ha², #J. S. Kwak(jskwak5@pknu.ac.kr)²

¹부경대학교 대학원, ²부경대학교 기계공학부

Key words : Magnetic Abrasive Polishing, Magnetic flux density, Electro-magnetic analysis

1. 서론

산업이 발전됨에 따라 고정도, 고품질의 부품을 요구하는 경향이 커지고, 기계적 성질이 우수한 특수합금강, 스테인레스강, 알루미늄합금 그리고 표면 경화강 등 난삭재들이 기계부품 및 각종 설비용 부품으로 사용되면서 그 품질을 향상시키기 위해 연삭가공의 필요성은 더욱 더 증대되고 있다. 그러나 연삭가공은 각종 가공조건에 따라 얻을 수 있는 제품의 품질은 한계가 있는 실정이다. 이러한 한계를 극복하고자 제시된 방법 중 하나가 전자석을 이용한 자기연마가공법이다.¹ 자기연마가공법은 자기장에 의해 형성된 자력선 방향으로 미세한 자성연마 입자가 정렬하여 브러쉬(Brush)역할을 수행함으로써 금속표면을 연마하는 방법이다.² 이 방법은 공구의 형상이 정해져 있지 않아 공작물 또는 가공부위의 형상에 구애를 받지 않는 장점을 지니고 있으며, 연마입자의 특성에 따라 마이크로 단위 공작물의 버(Burr)제거나 표면 연마에도 적용이 가능하다. 그러나 현재까지 제품의 대량생산을 위한 대면적 자기연마 특성에 대한 연구가 미흡하다. 본 연구에서는 생산성을 고려한 대면적의 자기연마를 위한 기초 연구로서 공구의 단면적 변화에 대한 자기연마 특성을 연구하였다.

2. 자기연마

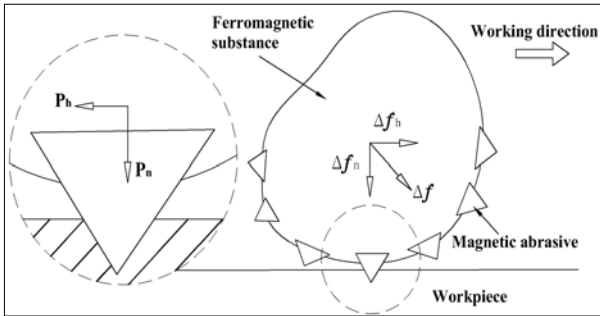


Fig. 1 Configuration of magnetic abrasive finishing

Fig. 1과 같이 일체형 자기연마입자 1개는 코일에서 발생하는 자력에 의한 법선 방향의 힘 Δf_n , 공구의 회전에 의해 발생하는 접선 방향의 힘 Δf_t 를 받는다. 그리고 발생하는 자력은 자속의 밀도에 따라 증감한다. 자속밀도는 자기장 안의 어떤 점에서 자기장에 수직인 단위면적당의 자기력선의 수를 나타낸다. 즉, 전류의 세기가 증가할수록 자속밀도는 증가하기 때문에 식(1)의 관계가 성립한다.

$$B = \mu H \quad (1)$$

여기에서 B 는 자속밀도(Tesla), μ 는 투자율(H/m), H 는 자장의 세기(A/m)를 나타낸다. 또한 자속밀도는 자장의 세기에 따라 이력곡선(Hysteresis loop)을 따른다. 이러한 자력에 의한 힘의 특성과 공구의 회전력에 의한 접선방향의 힘의 특성이 동시에 작용하여 실제적인 연마가공을 수행한다. 따라서 자기연마에서는 공구의 회전속도와 공구에 인가되는 전류의 세기에 따라 그 성능에 영향을 미치게 된다.

3. 시뮬레이션 및 실험적 검증

본 연구에서는 자기연마 인덕터의 단면적에 따른 자기력 특성을 ANSYS Workbench의 전자기장 해석틀을 이용하여 분석하였다. 우선 모델링은 실제 실험장치의 인덕터 형상을 Fig. 1의 (a)와 같이 수행하였다. 형상은 직경이 19mm 형상과 30mm 형상의 두가지 인덕터헤드와 코일 그리고 공작물로 구성되어진다. 유한요소해석을 위한 유한요소 형태 및 해석의 경계조건은 Table 1과 같이 설정하였다.

해석의 결과 Fig. 1의 (b),(c)와 같이 직경이 19mm인 경우는 최대 411mT이고 30mm인 경우는 337mT로 나타났다. 자속밀도의 형상의 경우는 두 경우 모두 인덕터의 중심에서 일정거리가 떨어진 부분에서 가장 높은 자속밀도의 분포를 보이고 있음을 알 수 있었다.

Table 1 Boundary conditions of inductor

Elements size	0.003m
Permeability	10000
Current	1.5A
working gap	1.0mm

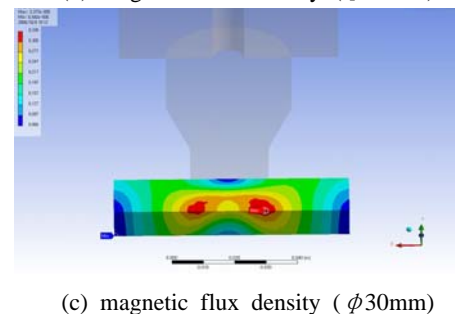
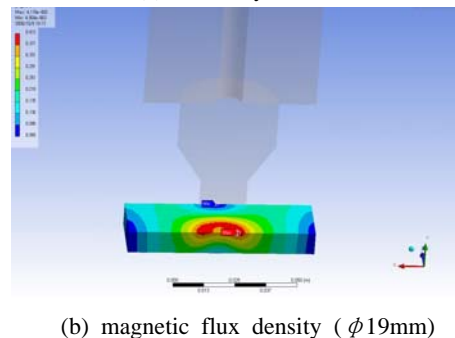
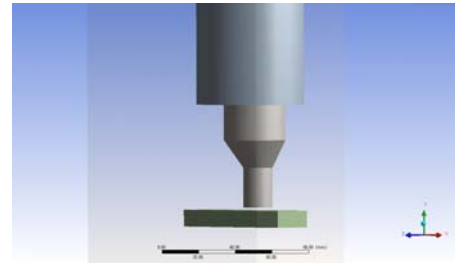
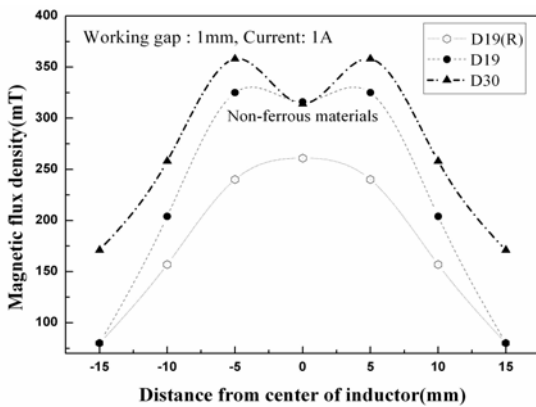


Fig. 2 Analysis of magnetic flux density according to change of diameter of inductor

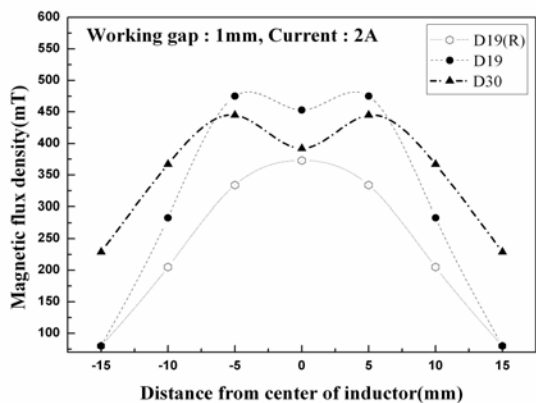
수행된 해석에 대한 실험적 검증은 수행하였다. 검증을 위하여 각각 다른 직경을 가지는 3가지 인덕터를 준비하였다. 첫째는 직경이 19mm이고 인덕터의 끝단이 R9로 라운딩 되어있는 형상과 둘째는 직경이 19mm이고 끝단이 평면인 형상 그리고 마지막으로 직경이 30mm이고 끝단이 평면인 형상이다. 검증은 우선 Gauss Meter를 이용하여 해석과 동일한 조건에서 자속밀도를 측정하였다. 자기연마 인덕터의 중심에서부터 5mm 간격으로 자속밀도를 측정하여 Fig. 3에 (a), (b)와 같이 그 결과를 나타내었다.

그 결과 1A의 전류가 통전되는 상태에서는 직경이 30mm인 인덕터의 중심으로부터 5mm인 지점에서 가장 큰 자속밀도인 358mT를 나타내었다. 그리고 직경이 19mm인 인덕터와 중심에서의 자속밀도가 거의 일치하였다. 그리고 전류값이 2A로 상승하였을 경우 직경이 19mm인 인덕터의 경우가 중심으로부터 5mm인 지점에서 직경이 30mm인 인덕터의 자속밀도 보다 높게 나타났다. 전류값이 증가 할수록 단면적에 대한 자속밀도가 반비례하고 있음을 나타내고 있다.

단면적에 변화에 따른 가공특성 연구를 위하여 3가지의 다른 단면적을 가지는 각각의 인덕터에 대한 자기연마 실험을 동일한 조건하에서 실시하였다. 실험 조건은 Table 2에 나타난 것과 같다. 전류는 1.5A를 통전시켰으며, 자기연마입자는 100 μ m의 크기를 가지는 철분말과 입도가 800인 다이아몬드 분말을 혼합하여 사용하였다. 총 가공시간은 3분으로 하였다. 그 결과 Fig. 4와 같이 나타났다. 결과 값은 표면거칠기의 향상정도와 인덕터의 직경에 따른 가공영역의 폭을 나타내고 있다. 전체적으로 직경이 작을수록 가공 폭은 좁지만 가공영역에서의 표면거칠기 향상은 좋음을 나타내고 있다. 이는 시뮬레이션 결과 및 실제측정을 통해 인덕터의 단면적이 클수록 대면적을 가공할 수 있지만 전체적인 자속밀도의 감소로 표면거칠기의 향상정도가 저하됨으로 해석 할 수 있다. 따라서 대면적의 자기연마에서는 좀더 향상된 자속밀도 증가법이 요구되어진다.



(a) Magnetic flux density at 1A of current



(b) Magnetic flux density at 2A of current

Fig. 3 Magnetic flux density for distance from center of inductor

Table 2 Experimental conditions

Items	Conditions
Magnetic flux density	0.2 Tesla
Traverse speed	6mm/min
Magnetic abrasive	Fe+Diamond powder(#800)
Grain size	100(μ m)
Revolution speed	1200rpm
Workpiece	SM45C
Current	1.5A
Working gap	1.0 mm

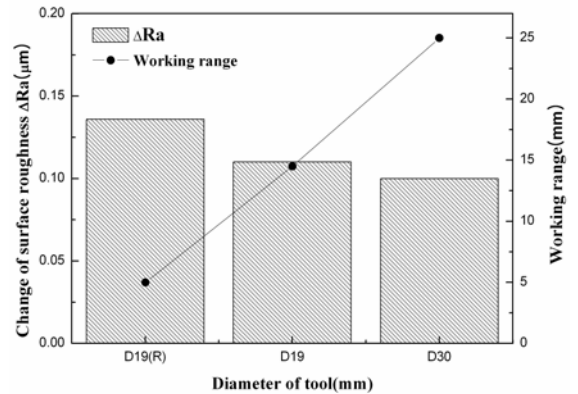


Fig. 4 Change of surface roughness and working range after MAP

4. 결론

본 연구에서는 대면적의 자기연마특성 연구를 위하여 시뮬레이션을 통한 자속밀도 해석 및 검증과 인덕터의 면적의 변화에 따른 표면거칠기 향상정도를 평가하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 시뮬레이션의 결과 직경이 19mm인 경우는 최대 411mT이고 30mm인 경우는 337mT로 나타났다. 실험적 검증결과에서 전류가 증가할수록 인덕터의 단면적이 증가할수록 최대 자속밀도 값이 감소함을 알 수 있었다.
2. 인덕터의 단면적 변화에 따른 표면거칠기의 향상을 측정할 실험 결과에서 단면적이 증가할수록 가공면적은 증가하지만 자속밀도의 감소로 인해 표면거칠기의 향상정도는 감소하였다.

후기

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신 인력양성사업(과제명: Pre-polymer 중합설비 설계 및 시스템 최적화기술 개발, 과제번호:20070130134117)으로 수행된 연구 결과임.

참고문헌

1. H. N. Kim, S. K. Song, Y. K. Yun, H. W. Kim, B. S. Kim, H. J. Ahn, J. W. Shim "The Effects of Ba-Ferrite Magnetic Abrasive Behavior on Polishing Characteristics", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, 2003
2. Shaohui Yin, Takeo Shinmura "A comparative study: polishing characteristics and its mechanisms of three vibration modes in vibration-assisted magnetic abrasive polishing", International of Machine Tools & Manufacture, pp.383~390 Vol.44, 2004