

영구자석을 이용한 라운드 엔드밀 타입의 MR 연마시스템 개발 및 재료제거율에 관한 연구

Development of a MR Polishing System of Round Endmill Type using a Permanent Magnet and its Effect on Material Removal Rate

*신봉철¹, #조명우², 홍광표¹, 김동우³, 신영제⁴, 제대진⁴

*B. C. Shin¹, #M. W. Cho(chomwnet@inha.ac.kr)², K. P. Hong¹, D. W. Kim³, Y. J. Shin⁴, T. J. Jae⁴

¹인하대학교 기계공학과, ²인하대학교 기계공학부, ³University of Waterloo, ⁴한국기계연구원

Key words : MR(magnetorheological) Polishing, Round Endmill, Permanent magnet, Material removal rate

1. 서론

급속한 산업 발달에 따라 소형화, 고품질, 고정도 부품의 요구가 급격히 증가하고 있다. 하지만 기존의 기계적 가공 및 연마가공을 통한 제작기술은 여러 가지 기술적인 문제가 발생되고 있다.¹ 이에 따라 최근 미세 부품의 연마에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나 기존의 연마 방법으로는 구면 및 경사면의 가공이 매우 어려우며 요구 수준의 표면품위를 획득하기가 매우 어렵다. 따라서 전자기적으로 유체의 농도를 조절하여 응력과 전단력을 변화시켜 연마표면 품위를 향상시키기 위해 MR유체를 이용한 연마방법이 연구되고 있다.^{2,3} 기존 MR 연마시스템은 전자석의 크기가 크고 소형 및 3차원 구조물의 연마가 까다로우며 시스템의 소형화가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 구면 및 경사각을 가진 소형 구조물의 연마를 위해서 3차원 구조물 가공이 가능한 라운드 엔드밀 형상으로 시스템을 설계하였으며 이를 바탕으로 MR유체를 이용한 연마가 가능한 라운드 엔드밀 타입 MR 연마시스템을 개발 하였다. 또한 개발된 시스템의 성능평가를 위한 BK7 glass의 연마 가공 후 재료제거율에 대한 연구를 수행하였다.

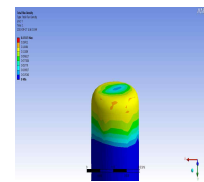
2. 라운드 엔드밀 타입 MR 연마시스템 개발

본 논문에서 개발하고자 하는 라운드엔드밀 타입의 MR 연마시스템은 소형 금형 또는 부품의 연마공정을 수행하기 위해 기존 CNC 또는 마이크로 머시닝에 적용할 수 있도록 G-code 기반의 3차원 형상 연마가 가능하도록 하였다. 본 시스템은 전자석을 이용할 수가 없으므로 자기장 생성을 위해 소형 영구자석을 사용하였다. MR 유체를 이용한 연마공정을 위해 ANSYS를 이용한 해석결과와 가

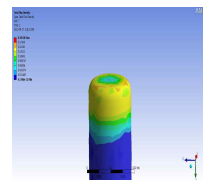
우스 미터(Gauss meter)를 이용한 측정 결과비교를 통해 MR연마에 필요한 자기장을 분석하였다. 그 결과 기존 MR 연마시스템과 비교할 때 충분한 연마가 이루어질 수 있음을 확인할 수 있다.(Table 1, Fig 1) 또한 커버 모서리 부분으로 자기장이 형성되는데 이는 MR유체가 모서리 부분에 집중되어 공작물 표면에 가공영역을 형성하여 연마가 가능 하다는 것을 보여준다.

Table 1 Magnetic flux density comparison between electromagnet and permanent magnet

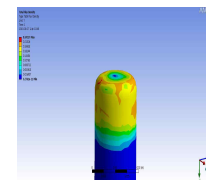
Electro magnet	Magnetic flux density [T]	Permanent magnet	Magnetic flux density [T]
0.5A	0.0046	1ea	0.159
1.0A	0.0059	2ea	0.192
2.0A	0.0069	3ea	0.240
3.0A	0.0078		



(a) Ansys:0.173T
Gauss meter:0.159T



(b) Ansys:0.195T
Gauss meter:0.192T



(c) Ansys:0.242T
Gauss meter:0.240T

Fig. 2 Magnetic flux density comparison between ANSYS analysis and Inspection in Gauss meter

Table 2는 제작된 MR연마시스템의 설계항목이며 공구제작업체(U社)와 동일한 규격으로 선정하였으며 Fig. 2은 제작된 라운드 엔드밀 타입 MR연마시스템을 보여주고 있다. MR유체는 영구자석에 의한 자기장의 영향을 받는 커버(cover)에 부착되어 일정한 속도로 회전하는 동안 연마가 진행되고 pump에 의해 연마슬러리는 공급된다.

Table 2 Specification of round endmill type MR polishing system

Cont.	Spindle body	Cover	Permanent magnet
Length	120mm	30mm	-
Thickness	-	-	3mm
External diameter	13.5mm	18mm	13.5mm
Internal diameter	-	13.5mm	-
Type	Bar	Round endmill	disk

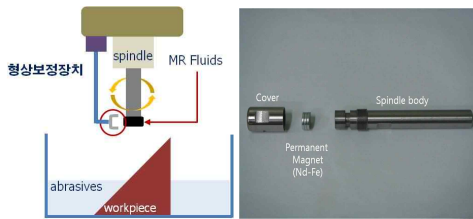


Fig. 2 Round endmill type MR polishing

3. BK7 glass의 연마실험 조건

본 연구에 적용된 MR유체는 Table. 3과 같이 조성하였으며 연마재로는 나노 세리아 슬러리를 사용하였다. 가공깊이는 0.3mm~1.0mm까지 0.1mm 간격으로 선정하였으며 회전속도는 1980rpm, 자기장의 세기는 0.240T를 적용하여 2회 수행하였다.

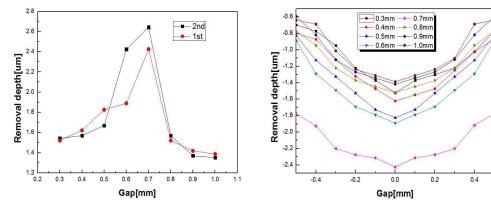
Table 3 Composition of MR fluids

Cl-powder	DI-water	Na ₂ CO ₃	Glycerin
50wt.%	48wt.%	1wt.%	1wt.%

4. 재료제거율 및 가공형상 측정

Fig. 4는 개발된 시스템을 이용한 MR연마공정 후 재료제거율과 가공형상 측정결과이며 3차원 비접촉 표면 측정기(ZYGO NV6200)를 이용하여 측정하였다. 형상 측정은 중심점을 기준으로 좌우 0.1mm간격으로 깊이를 측정하였다. 측정결과 가공깊이 0.7mm에서 가장 큰 재료제거율을 나타내

며 그 이상의 가공깊이에서는 점점 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 일정깊이 이상이 되면 압력은 증가하지만 MR유체의 흐름이 막혀 연마슬러리는 공작물 표면으로 투입이 방해받고 회전으로 인한 MR유체의 전단도 방해받는 것으로 판단된다.



(a) removal depth (b) machining shape
Fig. 4 Results of removal depth and machining shape according to gap distance

5. 결론

본 연구에서는 라운드 엔드밀 타입 MR 연마시스템을 개발하였으며 연마성능 평가결과 0.7mm 가공깊이에서 가장 큰 재료제거율을 확인할 수 있었다. 향후 최적 가공깊이를 이용한 표면조도에 대한 연구를 통한 최적 연마조건출도 가능할 것으로 예상된다.

후기

본 연구는 지식경제부 주관 전략기술개발사업 “마이크로 기능성 초정밀 핵심요소부품 제조기반기술개발”의 제 4세부 “기능성 초정밀 핵심 요소부품 제조 초정밀 금형 기반기술 개발”의 결과로써 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Shin, Y. J., Kim, D. W., Lee, E. S. and Kim. K. W., "The Development of Polishing System a Magnetorheological fluids", Journal of the KSPE, 21, 46-52, 2004.
2. Kordonski, W. and Golini, D., "Progress Update in Magnetorheological Finishing", Int. J. of Mod. Phys. B. 13. 2205-2212, 1999.
3. Kim, D. W., Shin, Y. J., Lee, E. S. and Cho. M. W., "The Principle of Magnetorheological Finishing for a Micro Part", Proceeding of the KSPE, 300-304, 2003.