

MR Jet Polishing에서 가속도계 센서를 이용한 공정모니터링에 관한 연구

A study on the MR Jet Polishing Process Monitoring using Accelerometer Sensor

*조명우¹, #신봉철², 이경원²

*M. W. Cho¹, #B. C. Shin(kenny77b@empal.com)², J.W.Lee²

¹인하대학교 기계공학부, ²인하대학교 기계공학과

Key words : MagnetoRheological Fluid, Polishing, Jet, Monitoring, Accelerometer

1. 서론

최근 우주 항공 및 의료산업의 발달로 인하여 고품질, 고정도 부품의 요구가 증가되며, 초정밀 연마 가공에 대한 관심이 집중되고 있다. 마이크로/나노입자 분사를 통한 연마 방법은 미세가공 및 우수한 표면거칠기를 얻을 수 있는 장점으로 광학 부품, 반도체 등에 폭 넓게 사용되고 있다.¹ 그 중 자기유변유체를 이용한 MR Jet Polishing 공정 연마 방법은 일반적인 water jet과 유사하지만 연마입자가 저압력으로 분사되어 공작물의 가공표면에 충격을 가하여 재료가 제거되며 고품위의 표면거칠기를 획득이 가능하다.² 하지만 자기장의 세기에 따라 자기유변유체의 점성이 달라지기 때문에 분사시 발생하는 압력차에 따라 진동으로 인하여 직진으로 분사가 이루어지지 않아 가공물 표면에 정확하게 분사가 안 되는 문제가 발생된다. 또한 시스템 진동으로 인해 재료제거율의 변화가 불규칙하게 되는 문제점이 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 MR Jet Polishing system을 제작하여 자기장의 세기 변화에 따른 압력 변화로 인한 시편에 전달되는 진동분석을 통해 시스템 안전성 및 분사 압력을 간접 측정하였다.

2. MR Jet 시스템 구성

MR Jet polishing 시스템의 구성은 전자석 시스템, 분사 유압시스템 총 2가지 part로 구성하였다. 첫 번째로 전자석 시스템은 전자석과 분사 노즐로 구성되며 분사시 노즐에 자기장의 집중을 위해 탄소강 소재인 SM45C로 선경 $\phi 1.5$ 크기의 내경을

가진 노즐을 설계 및 제작하였다. 분사 유압시스템은 자기유변유체의 정량분사 및 일정압력을 유지하기 위하여 20bar이상인 다이어프램 펌프를 병렬 연결하였다. 이때 자기유변유체의 분사노즐에서 최종적으로 분사될 때 펌프의 구동에 의해 맥동 현상이 일어나게 된다. 따라서 accumulator 연결을 통해 빠른 속도로 흐르는 자기유변유체의 흐름을 감속함으로써 발생하는 압력 문제 해결과 동시에 펌프의 맥동현상을 최소화 하였다.



Fig. 1 Photography of MR Jet

3. MR Jet 실험 및 측정

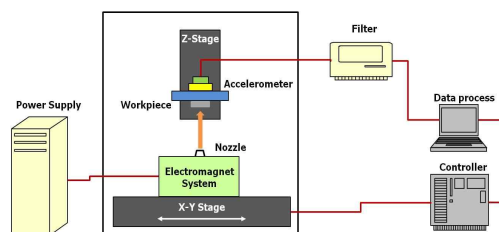


Fig. 2 The measuring system set-up

실험 장치 및 측정 시스템의 개략도는 Fig. 2와 같이 구성하였다. 분사조건에 따라 진동 분석을 위한 가속도 센서(SA12ZSC-T1)는 민감도를 고려하여 workpiece가 장착이 되는 지그위에 고정하였다. 센서의 신호는 A/D 보드(PCI - NI9133)를 통해 데이터를 획득하였다.

실험을 위해 조성된 자기유변유체는 Carbonyl iron 65wt%, DI-water 20wt%, stabilizer(glycerol 1wt%, Na₂CO₃ 1wt%)로 조성하였다. 분사 조건으로는 stand-off(노즐과 재료의 간격) 50mm로 고정하고 전자석의 자기장의 세기를 변화하여 자기유변유체의 점성에 따라 분사 시 발생하는 압력에 따라 진동 분석을 위한 실험을 수행하였다. 시험 조건은 Table. 1과 같다.

Table 1 Experiment condition

	Magnetic field [kG]	Stand-off [mm]	polishing time [min]
1	1.5kG	50mm	
2	2.9kG	50mm	
3	5.7kG	50mm	
4	1.5kG	75mm	
5	2.9kG	75mm	2 min
6	5.7kG	75mm	
7	1.5kG	100mm	
8	2.9kG	100mm	
9	5.7kG	100mm	

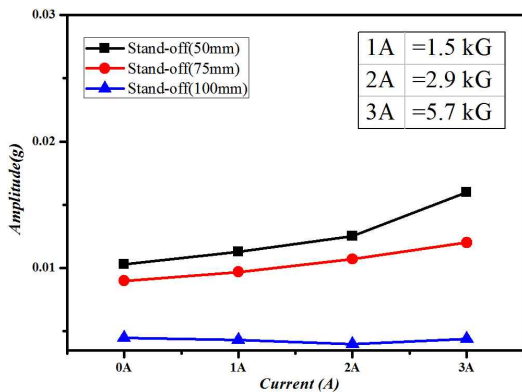


Fig. 3 Relationship of accelerometer signal vs. magnetic field

시험 결과 자기장의 세기가 증가하게 되면 압력의 증가로 stand-off 50mm, 75mm에서는 진동의 진폭이 증가하여 연마가 가능하다는 것을 확인할

수 있었다. 하지만 stand-off가 100mm에서는 자기장의 세기가 증가하여도 시편에 진동의 진폭이 큰 편화가 생기지 않았다. 이 결과 stand-off가 75mm 이상에서는 자기유변유체의 압력의 영향이 적어져 연마기능을 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있어 연마를 위한 stand-off는 최소 75mm이하에서 효율성 있는 것을 진동신호를 통해 확인할 수 있었다.(Fig. 3)

4. 결론

본 연구에서는 MR fluid jet polishing 공정시 자기장의 세기 변화에 따라 자기유변유체의 점성 변화뿐만 아니라 분사 시 압력의 변화로 인하여 발생하는 진동 분석을 수행하였다. 그 결과 본 시스템에 가속도 센서를 이용하여 자기장의 세기 변화에 따른 stand-off가 75mm 이하에서 효과적인 연마수행 가능성을 확인하였다. 또한 stand-off가 50mm와 75mm일 때 압력 변화와 진동신호의 진폭간의 선형성을 입증하였다. 차후 다양한 분야에 미세연마공정 적용을 위하여 자기장 세기에 따라 점성 변화와 진동신호의 비교를 통해 재료 제거율과의 관련성 분석에 관한 연구가 추가적으로 필요하다.

후기

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2009-0074199)

참고문헌

1. Junkar, W. Jurisevic, B. and Fajdiga, M., "Finite Element Analysis of Single-Particle Impact in Abrasive Water Jet Machining," International Journal of Impact Engineering, **32**, 7, 1095-1112, 2006.
2. Kordonski, W and Shorey, A., "Magnetorheological (MR) Jet Finishing Technology," Journal of Intelligent Material Systems and Structures, **18**, 12, 1127-1130.