

미세구동부품 성형을 위한 MIM 금형 코어 가공에 관한 연구

Fabrication of MIM Mold Core for Micro Driving Component

*정우철¹, #허영무¹, 신광호¹, 장성호¹, 신봉철², 조명우², 제태진³

*W. C. Jung¹, #Y. M. Heo(ymheo@kitech.re.kr)¹, K. H. Shin¹, S. H. Chang¹, B. C. Shin², M. W. Cho², T. J. Je³
¹한국생산기술연구원 금형·성형연구부, ²인하대학교 기계공학부, ³한국기계연구원 나노융합기계연구본부

Key words : Metal Injection Molding, Mold, Driving Part, Micro Gear, EDM

1. 서론

최근 반도체, 전자, 광학, MEMS, 생체의학에 이르기 까지 많은 분야에서 복합 형상을 갖는 3차원 구조물에 대한 수요가 늘어나고 있다. 현재까지 대부분의 미세구조물 제작공정은 실리콘 웨이퍼의 박막가공 및 후막가공과 같은 반도체 공정에서 비롯되었다^{1,3}. 이들 공정은 불가피하게 노광 공정을 필요로 한다. 노광공정은 특수 장비 활용으로 인한 고비용이 발생하게 되며, 재료적인 측면에서도 많은 제약이 따른다. 따라서 노광 공정을 사용하지 않는 미세구조물 제작기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 대표적인 사례가 미세절삭가공(micro machining), 마이크로 방전가공(microEDM)과 같은 기계적인 방법이 있다^{1,4}.

특히 3차원 형상을 갖고 있는 마이크로 기어 부품은 관련 산업의 발전에 따라 수요가 꾸준히 증가 하고 있는 실정이며, 수요 증가에 따른 해당 부품의 대량생산은 산업화를 위한 필수 조건이다. 마이크로 기어 부품의 대량 생산은 금형을 이용한 사출성형 공정을 통해 가능하다. 사출성형은 성형 재료에 따라 플라스틱 사출성형(plastic injection molding), 분말 사출성형(powder injection molding)으로 나누어지며, 분말 사출성형은 사용된 분말 종류에 따라 MIM(metal injection molding), CIM(ceramic injection molding) 등으로 다시 구분되어 진다. 현재 일반적으로 플라스틱 사출성형 공정을 통해 플라스틱 기어를 대량생산하고 있으나, 강성, 내구성 측면에 있어 플라스틱 소재를 활용한 마이크로 기어 부품 소형화에 한계가 있는 것은 주지의 사실이다. 따라서 최근에는 플라스틱이 아닌 분말금속 사출성형 공정을 이용한 마이크로 기어 부품 제작에 대한 연구가 활발히 진행되어 지고 있다.

본 연구는 마이크로 기어 형상 제품을 금속 사출성형공정을 통해 제작하기 위한 기초 연구로, 분말사출 금형 코어를 마이크로 방전 가공을 이용하여 마이크로 기어 형상 코어를 제작하는데 그 목적이 있다.

2. 마이크로 기어 설계

본 연구에서는 MIM 금형 코어에 가공되어질 마이크로 기어 형상을 설계 하였으며, 기어 형상은 Fig. 1에 도시하였다. 일차적으로 직경이 8mm 되도록 설계한 뒤, 이를 1/10으로 축소하여 직경 800 μ m가 되도록 설계 하였다. 또한 본 연구는 마이크로 기어 MIM 성형에 대한 기초연구이기 때문에 기어 치형에 적용된 인벌류트 곡선은 직선화하여 간략화를 수행 하였다.

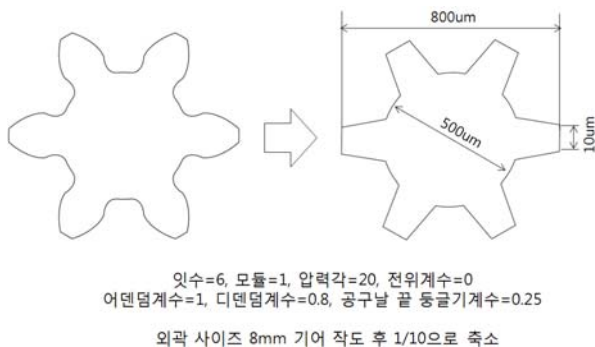


Fig. 1 Design of micro gear and

3. 마이크로 EDM 장비 구성

방전가공은 비 접촉 가공이므로 전극과 가공물 사이에는 항상 일정한 간극이 유지 되어야 하며 가공속도와 이송속도 사이에 균형이 이루어지지 않으면 불필요한 가공이 일어나거나 단락 현상이 발생하여 효율적인 방전가공을 수행할 수 없게 된다. 또한 최적의 가공속도 및 가공 정밀도를 얻기 위한 방전상태는 전극과 가공물사이의 간극에 밀접한 관계를 가지고 있으므로 최적의 간극을 유지할 수 있도록 위치를 제어하는 기술이 필수적이다. 마이크로 방전에서는 기존의 범용에 비해 방전에너지가 작아 가공량이 작아지고 방전 간극이 짧아지게 된다. 따라서 작은 가공량에 따른 수 μ m~수십 μ m 단위로 전극의 이송이 가능해야 하고 정밀도를 유지할 수 있는 이송장치가 필요하다.

본 논문에서는 Fig. 2와 같이 3축 이송 스테이지와 주축 회전부로 구성된 마이크로 방전 시스템을 사용하여 가공을 수행하였다. 가공 중 외부의 영향을 최소화 하기위해 isolator가 장착되어있고, 3축 이송스테이지는 고정밀 이송을 위해 분해능이 0.5 μ m인 Newport사의 ILS250이 적용되었다. (Table 1) 주축은 DC모터에 벨트를 이용한 베어링으로 구동하는 방식으로 회전 시 발생하는 runout을 최소화 할 수 있게 제작되었다. 시스템의 구동은 NI PXI 7354모션 컨트롤러와 MiD-7654모션 드라이브로 이송 3축과 주축을 포함한 4축을 구동할 수 있으며 NI DAQ 6221보드를 이용해 방전 전압을 실시간 모니터링이 가능하다. 방전 시스템의 컨트롤 및 모니터링은 Labview 8.2를 통하여 구동 되어 진다.



Fig. 2 Shape of micro EDM system

Table 1 Specification of micro EDM system

Index	Specification
Traveling range	X, Y, Z-axis (250mm)
Resolution	X, Y, Z-axes (500nm)
Accuracy	X, Y, Z-axis (2 μ m)
Repeatability	X, Y, Z-axes (0.2 μ m)
Max. velocity	X, Y, Z-axis (100mm/s)

3. 전극가공

본 연구에서는 마이크로 기어 방전 전극 가공을 위해 스테인레스 스틸 박판($t=200\mu\text{m}$)을 이용하여 전극을 제작하였다. 전극 제작 방법은 설계된 기어의 내경 사이즈와 동일한 $500\mu\text{m}$ 초경 와이어를 이용하여 홀 가공을 수행한 뒤 전극 교체에 따른 전극 셋팅 오차 최소화 및 가공 정밀도 향상을 위해 홀 가공에 사용된 초경 전극을 치형 가공용 전극으로 가공 하였다. 가공은 WEDM을 활용하였으며, 전체적인 공정은 Fig. 3 에 도시하였다. Fig. 4는 제작된 치형 가공 전극 형상 SEM 형상을 나타내고 있다.

4. 역방전을 통한 코어 형상 가공 전극 제작

제작된 기어 형상 전극을 이용하여 Fig. 5와 같이 역방전(reverse EDM) 공정을 수행하여 양각의 기어 형상을 갖는 방전 전극을 제작하였다.

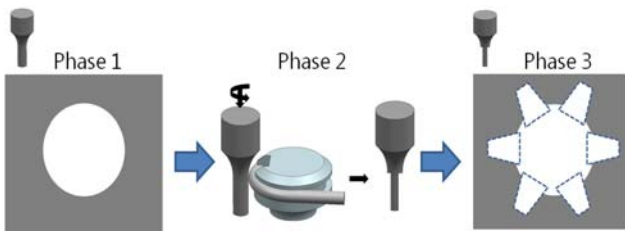


Fig. 3 Process of EDM for micro gear electrode

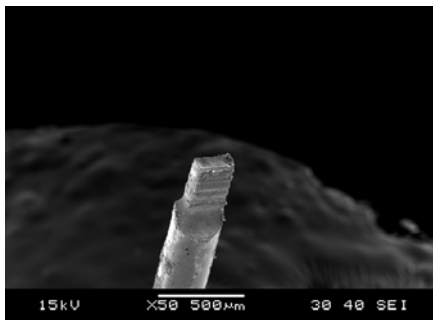


Fig. 4 SEM image of micro gear teeth electrode

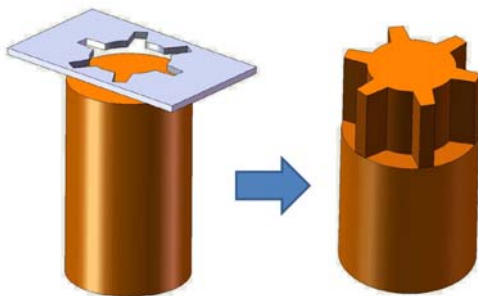


Fig. 5 Fabrication of micro gear electrode using reverse EDM process



Fig. 6 Core and cavity alignment structure for secure of the tolerances in assembly

5. 마이크로 기어 MIM 금형 코어 가공

일반적으로 마이크로 형상 성형용 금형에 있어 코어(core)와 캐비티(cavity) 조립정밀도는 성형제품 정밀도에 큰 영향을 끼친다. 따라서 본 연구에서는 코어, 캐비티 조립정밀도 확보를 위해 Post, Bush 형상을 적용하여 조립정밀도 $\pm 2.5\mu\text{m}$ 를 확보 하였으며, 제작된 조립 구조는 Fig. 6에 나타내었다. Post 형상부는 SLD 소재를 사용하였고, 황삭 가공 후 진공열처리, 퀀칭, 고온 템퍼링, 심냉공정 순으로 열처리공정을 수행하였다. 열처리 후 진원도 및 진직도 확보를 위해 지그 그라인딩 가공 및 원통 연마와 폴리싱 공정을 적용하여 제품을 완성하였다. Bush부 제품은 금형 코어로 사용될 것을 감안 하여 Stavax 소재를 사용하였으며, 전체적인 제작 공정은 Post부 제작공정과 동일하게 적용하여 제작 하였다. 제작된 Bush 구조물과 전극을 이용 마이크로 EDM 공정을 활용하여 미세 기어 성형용 MIM 금형 코어를 가공 하였다.

6. 결론

본 연구에서는 마이크로 방전가공 및 역방전가공 공정을 통해 마이크로 기어형상 가공용 MIM 금형 코어 가공 및 코어 캐비티 조립정밀도 확보를 위한 조립 구조를 도출하였으며, 측정결과 $\pm 2.5\mu\text{m}$ 로 양호한 결과를 나타내었다. 마이크로 기어 형상 설계 후 EDM, WEDM 공정을 활용하여 $200\mu\text{m}$ 두께의 스테인레스 스틸 박판에 설계된 기어 외곽 형상과 동일한 전극을 제작하였고, 제작된 전극을 이용하여 역방전 공정을 통해 양각 기어 형상의 전극을 제작하였다. 제작된 코어 캐비티 조립 구조물에 마이크로 방전가공을 통해 미세기어 성형용 MIM 금형 코어를 가공하였다. 제작된 코어를 활용하여 설계/제작 및 MIM 공정 수행 등을 위한 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 지시경제부 주과 전략기술개발사업 “마이크로 기능성 초정밀 핵심요소부품 제조기반기술개발”의 제4세부 “기능성 초정밀 핵심 요소부품 제조 초정밀 금형기반기술 개발”의 결과로써 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 정성일, 박선준, 이인환, 정해도, 조동우, “동분말이 함유된 에폭시 수지를 이용한 마이크로 기어의 제작에 관한 연구”, 한국정밀공학회지, 21권, 12호, 29-35, 2004.
2. Bustillo. J. M, Howe. R. T and Muller. R. S, "Surface micromachining for MEMS," Proceeding of the IEEE, 86, 8, 1552-1574, 1998.
3. Zhang. J, Tan. K. L. and Gong. H. Q, "Characterization of the polymerization of SU-8 photoresist and its application in MEMS", Polymer test, 20, 693-701, 2001.
4. Lee. D. G, Lee. H. G, Kim. P. J and Bang. K.G, "Micro-drilling development and application for micro fabrication", Microelectronics Eng. 35, 1-4, 367-372, 1997