FDB 마이크로 패턴 성형 공정을 위한 데스크탑 성형 시스템 개발

Development of Micro Desktop Forming System for Fluid Dynamic Bearing Forming Process

*,#이혜진[1], 오솔길[1], 이낙규[1], 김종호[2], 송정한[1], 신준희[3]

*,#H. J. Lee(naltl@kitech.re.kr)[1], S. K. Oh[1,4], N.K.Lee[1], J.H.Kim[2], J.H.Song[1], J.H.Shin[3]

[1] 한국생산기술연구원 융합생산기술연구부, [2]국립서울산업대학교 금형설계학과,

[3]SPACE Solution 기술연구소, [4]국립서울산업대학교 NID융합기술대학원

Key words : Desktop forming system, FDB

1. 서론

현재 마이크로 부품에 대한 수요가 급격하게 증가하고 있는 가운데 생산성이 공급을 따라가지 못하고 있는 실정이다. 기존까지는 대부분 기계적이거나 화학적인 방법으로 가공을 하고 있다. 하지만 이런 방법들은 2차원 부품의 경우 양산이 가능하지만 3차원 부품의 제조시 생산률(Production Rate)에 한계가 있다. 이런 배경으로 고정밀 마이크로 제품을 생산하기 위한 여러 기술들의 필요성이 대두되고 있다.

데스크탑 성형 시스템은 수㎜에서 수백㎛크기의 소재를 가공하여 동일한 정도의 정밀도를 갖는 기능성 부품을 성형하기 위한 시스템으로써 이미 미국과 일본, 유럽 등에서는 1990년대부터 마이크로 성형 시스템에 대한 연구 개발을 꾸준히 진행하고 있으며, 국내에서도 최근 마이크로 성형가공 시스템이 연구되면서 효율성과 경제성을 목적으로 연구가 진행되고 있다.

본 논문은 Servo motor를 이용하여 데스크탑 형태의 성형 시스템을 설계 및 제작에 관한 연구를 수행하였다. 이 성형 시스템은 램의 이동거리를 최소화 하여 생산 시간 감소와 소형화로 인한 장점을 가지도록 설계 및 제작하였다.

2. 데스크탑 성형 시스템 설계 및 제작

미세 부품을 성형하기 위한 데스크탑 성형 시스템의 소형화와 생산성 향상을 위한 연구를 진행하면서 사용화 목적을 둔 최적의 크기와 용량에 대한 조사를 수행하였다.

그 결과 시스템의 크기가 일반 데스크탑 장비들의 크기를 가지고 하중 용량은 2Tonf까지가 가장 적합한 사양이라는 것을 확인할 수 있었다. 이것으로 보아 본 성형 시스템은 마이크로 부품보다는 밀리(Milli)크기를 가지는 부품에 주목적을 가지고 개발하는 것이 적합할 것이라는 판단을 하였다.

데스크탑 성형 시스템은 Table 1.과 같은 목표사양을 가질 수 있도록 설계하였다.

Table 1 Specification of Desktop Forming System

항목	사양
장비크기	260×340×655 (W×D×H, ㎜)
성형하중용량	2000 Kgf
최대구동속도	1.4 ㎜/s
변위정밀도	0.1 ㎛
구동방식	AC Servo Geared Type

위의 설계 사양을 기본으로 설계 최적화를 수행하였고 3D CAD를 이용하여 형상을 모델링 하였다.

Fig 1.은 설계 최적화 과정을 거친 시스템을 보여주고 있다.

이 시스템의 제어는 산업용 Controller PC를 사용하였고, 상용화를 고려하여 기본적인 제어 법칙은 PID 제어법칙을 적용하였다. PID(Proportinal-Integral-Differential)제어란 비례, 적분, 미분의 3가지 조합으로 제어를 하는 것을 말하며 서로 유연한 제어가 가능해진다.

제작된 시스템은 다양한 마이크로 부품 성형에 적합하도록 Cross Head Part를 설계하여 Base Part와 Cross Head Part 사이에 미세 부품을 성형할 수 있는 전용 Die Set를 제작하였다.

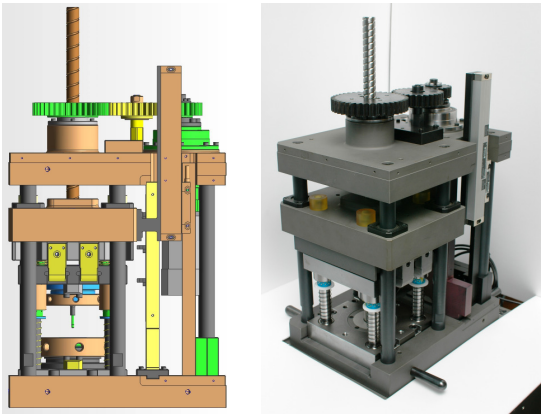

Fig 1. Desktop forming system

데스크탑 성형 시스템의 구동 방식은 고정밀 Ball Screw를 이용하고 모터는 AC Geared Servo Motor방식을 채택하여 시스템 구동에 있어 자유로운 속도 조절을 할 수 있도록 설계된 기어 시스템이 Fig 2.에서 보여주고 있다.

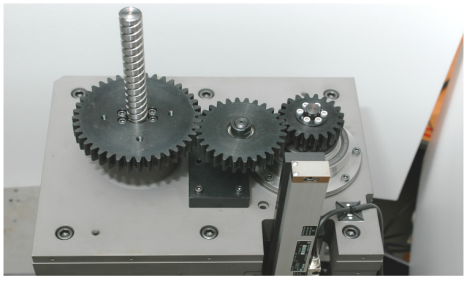

Fig 2. Gear system

마이크로 성형 시스템을 제작한 후 성형성 테스트를 위해 FDB소재에 Herringbone pattern을 성형해 보았다.

Pattern 성형을 위한 금형의 분해된 모습을 Fir 3.에서 보여주고 있다.

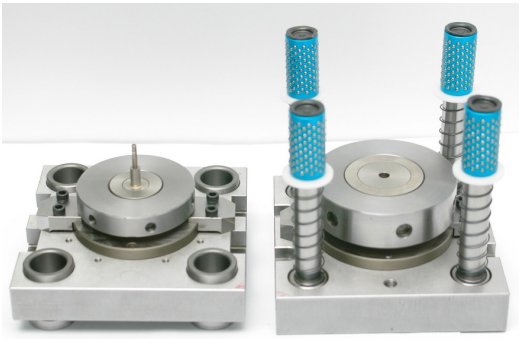

Fig 3. Herringbone pattern forming die

마이크로 부품을 성형하기 위해서는 무엇보다 같은 정도를 가니는 정밀한 변위제어가 필요하다. 본 시스템에서는 리니어 디스플레이스먼트 센서(Linear Displacement Sensor)를 적용하였고 센서를 피드백(Feedback) 컨트롤하여 변위제어를 수행하였다. Fig 4.는 본 시스템에 적용된 0.1㎛의 정밀도를 가지는 센서를 나타내고 있다.

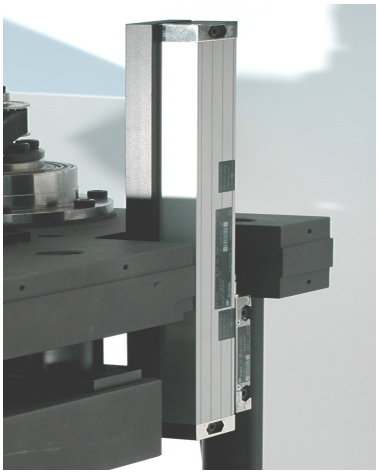

Fig 4. Linear displacement sensor

위치 제어만으로 부품을 성형할 경우 소재의 소결시 발생한 제작상의 문제와 각 부품간의 치수편차, 정렬 등에서 발생할 수 있는 오차는 높은 정밀도를 가지고 있는 장비의 위치제어라 할지라도 수㎛이상이 될 수 있으므로 이때 계속적으로 성형을 수행하면 수백Kgf의 힘이 발생하는 장비에서 정밀한 하중제어는 어렵다고 생각된다. 또한 금형자체에서 발생하는 일들은 곧 안전사고와도 밀접한 관련이 있을 것으로 판단되어 성형공정시 하중을 분산시킬 수 있는 스프링 구조물을 프레스 상판과 다이세트사이에 장착하였다. Fig 5.는 다이세트 및 스프링 구조물을 보여주고 있다. 이 스프링 구조물은 스트로크가 5㎜변형시 62Kgf/㎜의 강성을 갖는 스프링 9개로 구성이 되어있으며 8개의 동일한 스트로크 변형시 2,480Kgf의 힘이 발생할수 있도록 제작되었다.

Fig 5. Die set and spring structure

3. 성형성 실험

3.1 실험조건

데스크탑 성형시스템의 적용부품인 FDB의 헤링본패턴의 전사성을 알아보기 위해 금형을 제작, 실험하였다. 실험변수는 소재에 가해지는 성형하중으로 800Kgf와 1,400Kgf의 경우를 조건으로 실험을 수행, 비교분석하였다.

3.2 실험결과

Fig 6.는 공정조건 중 성형하중이 1,400Kgf의 조건에 대한 SEM촬영 사진을 보여주고 있다.

성형조건 800Kgf에서는 기준 다이패턴의 깊이 15㎛에 대한 전사깊이가 평균 4.46㎛로 나타났으며, 성형조건 1,400Kgf에서는 같은 기준대비 13.81㎛의 평균전사깊이를 나타냈다.

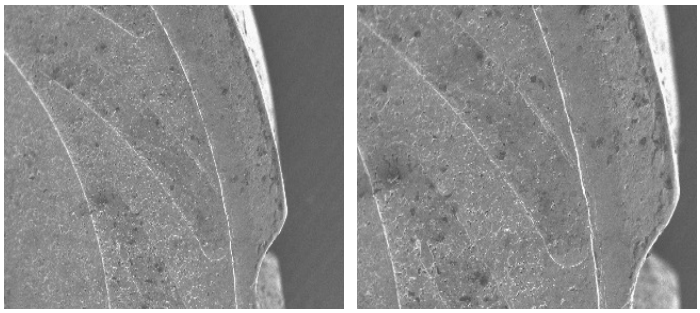

Fig 6. Top-view SEM of FDB (forming load:1,400Kgf)

4. 결론

본 논문에서는 FDB 마이크로 패턴 성형 공정을 위한 데스크탑 성형 시스템을 개발하였다. 앞으로의 부품산업은 고정밀과 미세한 가공을 위해 많은 시간과 비용을 소비할 것으로 생각된다.이에 보다 효율적이고 보편화된 시스템의 구축이 필요하다. 마이크로 성형 공정을 적용한 FDB헤링본 부품 성형이 가능한 것도 검증하였다.

후기

본 연구는 지식경제부가 지원하고 있는 "저에너지 모듈형 데스크탑 성형 시스템 기술개발 사업"의 세부과제로서 수행한 연구결과이며 이에 관계자 여러분들에게 감사의 말씀을 올립니다.

참고문헌

1. Hong, J. H., 2004, "Technical Trends of Intelligent Microfactory for Next Generation," Journal of Research Institute of Industrial Technology, Vol.19, No. 1, pp. 39~51.
2. Lee, H. J., Lee, N. K. and Choi, S. G., 2007, "Development of Miniaturized Micro Metal Forming Manufacturing System," Materials Science Forum, Vol. 544-545, pp. 223~226.
3. Lee, H. J., Lee, N. K., Lee, S. M., Lee, G. A. and Kim, S. S., 2006, "Development of Micro Metal Forming Manufacturing System," Materials Science Forum, Vol. 505-507, pp. 19~24.
4. Lee, N. K., Choi, T. H., Lee, H. J., Choi, S. G., Park, H. J. and La, W. K., 2005, "Development of Micro Metal Forming Manufacturing System," Proceedings of the KSMTE Spring Conference, pp. 383~388.