

# 마이크로 박판 밸브 성형을 위한 마이크로 프레스 개발

이혜진\*, 이낙규<sup>+</sup>, 이형욱<sup>+</sup>

(논문접수일 2007. 6. 26, 심사완료일 2007. 8. 9)

## Development of Micro Press for Forming the Micro Thin Foil Valve

Hye-Jin Lee\*, Nak-Kyu Lee<sup>+</sup>, Hyoung-Wook Lee<sup>+</sup>

### Abstract

In this paper Research development about a micro metal forming manufacturing system has been developed. A micro forming system has been achieved in Japan and it's developed micro press is limited to single forming process. To coincide with the purpose to be more practical, research and development is necessary about the press which the multi forming process is possible. We set the development of the equipment including micro deep drawing, micro punching and micro restriking process to the goal. To achieve this goal, we set the application product to a micro thin foil valve which is used in the micro pump module. The compound die set has been designed and manufactured to make two step process. The material of thin foil valve is SUS-304 and its thickness is 50 $\mu$ m. We can get a good forming results from micro punching experiments in this paper.

**Key Words** : Micro Metal Forming(마이크로 금속 성형), Forming Manufacturing System(성형 가공 시스템), Micro Thin Foil Valve(마이크로 박판 밸브), Multi Processing(다공정)

## 1. 서론

마이크로 프레스는 수십  $\mu$ m에서 수 mm 치수를 갖으며 sub- $\mu$ m에서 수  $\mu$ m의 정밀도를 갖는 판재 또는 벌크 부품을 성형하기 위한 초정밀 성형용 프레스로서 마이크로 팩토리의 공정 모듈로 적용될 수 있는 소형의 미소기계 시스템을 뜻한다<sup>(1)</sup>. 기존의 성형용 프레스는 주로 유압이나 기계적

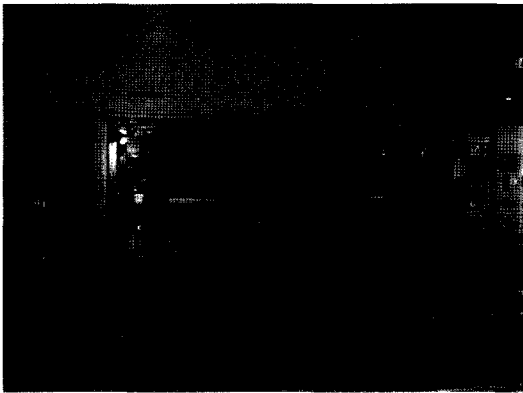
방식을 이용한 Actuator를 사용하고 있으며 장비의 크기가 커서 많은 공간을 차지하게 된다. 이러한 큰 용량의 성형용 프레스를 가지고 수십  $\mu$ m에서 수 mm 치수를 갖으며 sub- $\mu$ m에서 수  $\mu$ m의 정밀도를 갖는 정밀 부품을 성형한다는 것은 비효율적이고 성형목적에 적합하지 않다고 볼 수 있다.

본 논문에서 제시하는 마이크로 성형 프레스는 Servo motor를 이용하며, Fig. 1 (b)에 나타난 바와 같이 매우 소형

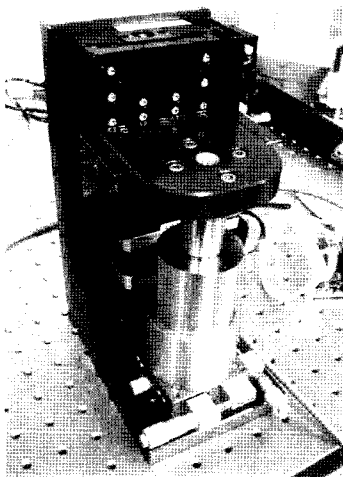
\* 한국생산기술연구원 디지털성형공정팀 (naltl@kitech.re.kr)  
주소: 406-840 인천광역시 연수구 송도동 7-47  
+ 한국생산기술연구원 디지털성형공정팀

화된 형태로서 소요 전력과 공간을 크게 절약할 수 있다<sup>(2,3)</sup>. Fig. 1은 기존의 성형용 프레스와 본 논문에서 주요 목표로 하고 있는 마이크로 성형 프레스를 비교하기 위해 제시한 사진이다.

Table 1에 기존 성형 프레스와 마이크로 성형 프레스의 간략한 비교를 나타내었다. 물론 장비 크기, 성형품 크기, 성형품 정밀도는 성형 부품의 재질, 형상 등에 따라서 Table 1의 범위를 벗어날 수도 있으며, 이와 같은 마이크로 성형 프레스와 관련된 Size 및 정밀도는 성형품의 생산량 및 기존 프레스를 제작하는 경우와의 장비 제작비용 등을 총괄적으로 감안하여 결정되어야 한다.



(a) Conventional press system



(b) Micro press system(KITECH)

Fig. 1 Compared pictures of conventional and micro press system

이와 같은 마이크로 프레스의 등장은 마이크로 로봇, 초소형 액추에이터, 초소형 치차 모듈 등의 정밀 기계 부품, 초소형 필터, 초소형 고효율 열교환기 등의 유체 공학적 부품, 초소형 의료용 부품, 첨단 전자 통신 기기 등이 빠른 추세로 소형화되고 있는 산업 현황과 이 분야의 시장이 큰 폭으로 확대되고 있는 상황에 기인하며, 이와 같은 변화에 대응하기 위해서는 다양한 소재에 관하여 초소형 고정밀 생산이 가능하면서 생산성이 높은 마이크로 성형 및 기계가공 기술 개발이 필요하다. 마이크로 성형 기술은 금속, 폴리머 등 다양한 소재의 임의의 3차원 초소형 형상 제조에 적용이 가능하고 재료 이용 효율을 극대화할 수 있는 생산성 높은 생산 기술로서 일본, 독일 등 기술 선진국에서도 개발이 진행 중인 기술이며 국내에서도 관련 연구가 활발히 진행 중인 차세대 신기술 분야이다<sup>(1-3)</sup>.

성형품의 크기가 작아지게 되면, 금형의 크기와 성형 하중도 작아지게 되므로 전체적인 성형 장비의 크기가 작아지는 것이 보다 효율적이다. 이러한 마이크로 성형 장비의 소형화는 구동부의 이동 거리 최소화, 작업 공간의 효율적 이용 등의 장점을 확보할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한, 장비

Table 1 System characteristic compared data of conventional and micro press system

Item	Conventional press system	Micro press system
System Size	Several tens of cm - Several m	Several tens cm
Forming Size	Several cm - Several tens of cm	Hundreds of $\mu\text{m}$ - Several tens of mm
Forming Precision	Several tens of $\mu\text{m}$ - Hundreds of $\mu\text{m}$	Hundreds of nm - Several $\mu\text{m}$
Productivity	High	High
Shape	3D	3D
Controllability	Middle	High
Forming Material	Metal, Polymer, Glass etc.	Metal, Polymer, Glass etc.
Products	Mobile part, Living part etc.	Micro electric part, Micro mechanical part etc.
Installation Cost	High	Low
Value Added	Low	High

및 Tool이 소형화됨에 따라 관성력 감소와 시스템의 높은 고유 진동수를 얻을 수가 있으므로 이를 통해 고정밀 제어가 가능하여 성형 정밀도를 증대할 수 있다. 그리고 장비 및 전체 공정의 축소를 통하여 생산 공장의 이동성이 확보되므로 수요처에 가까운 곳에서 생산이 가능하므로 물류비 절감, 신속한 시장 개척 및 해외 시장 진출 등이 가능하다.

성형 장비의 소형화는 이와 같이 여러 가지 장점을 가지고 있지만 이를 성취하기 위해서는 고강성을 갖는 정밀 프레임, 초미세 해상도를 갖는 고정밀 구동부, 마이크로 팩토리 내부의 다른 마이크로 장비와의 간섭을 막고 자체 구동 특성을 높이기 위한 구조 해석 및 동특성 해석, 높은 표면 조도를 갖는 정밀 Tool 등에 관한 기술이 확보되어야 한다<sup>(4)</sup>. 또한 성형품이 미세해짐에 따라서 기계적인 정밀 제어가 필수적이다. 현재까지 국내에서는 미세한 크기를 갖는 부품 성형에 관한 연구는 진행 중이지만 장비의 소형화는 연구가 미흡한 상황이므로 본 논문에서 마이크로 성형 기술의 효율을 극대화하기 위해 필수적인 박판 성형용 마이크로 프레스 장비 개발 및 마이크로 펌프 모듈의 중요 부품인 마이크로 박판 밸브의 다공정(2-Step) 펀칭 공정에 대한 연구결과에 대해 기술하고자 한다.

## 2. 마이크로 프레스 시스템의 설계 및 제작

마이크로 박판 소재를 이용한 마이크로 부품을 성형하기 위한 프레스 성형 장비의 소형화를 위한 연구를 진행하면서 상용화 개념의 장비가 가져야 하는 최적의 크기 및 용량에 대한 조사 및 연구를 수행한 결과 시스템의 크기가 데스크탑 크기를 가지고, 하중 용량은 1 tonf까지 가장 적합한 사양임을 확인할 수 있었다. 이 이상의 사양을 가지는 성형 시스

템은 마이크로 부품보다는 밀리(milli) 크기를 가지는 부품으로 분류하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 마이크로 프레스 시스템을 Table 2와 같은 목표 사양을 가지도록 설계하였다.

위와 같은 설계 사양을 기본으로 시스템을 3D CAD를 이용하여 설계하였고, 설계된 시스템의 구조 및 사양에 대해 설계 최적화를 수행하여 Fig. 2와 같은 최종 시스템 설계안을 도출하였다.

이러한 설계안을 바탕으로 제작된 마이크로 프레스 시스템의 사진을 Fig. 3에 나타내었다. 시스템의 제어는 산업용 10.1인치 Controller PC를 사용하였고, 기본 제어 법칙으로는 본

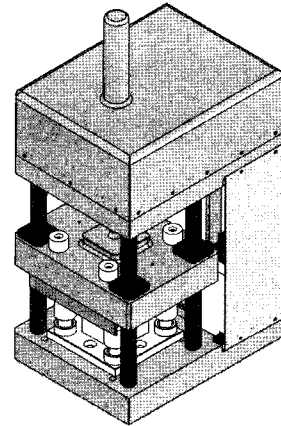


Fig. 2 3D CAD model of design optimized micro press system

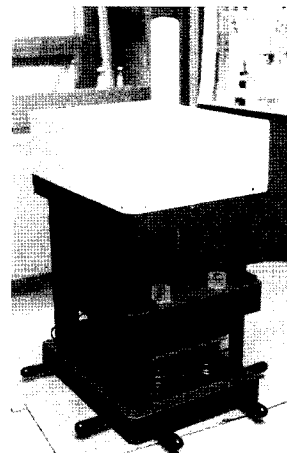


Fig. 3 Manufactured micro press system

Table 2 Design and manufacturing specifications of micro press system

Item	Specification
System Size	260×340×655(W×D×H, mm)
Forming Load Capacity	500kgf
Maximum Forming Speed	400mm/min
Displacement Resolution	0.1μm
Actuating Type	AC Servo Geared Type

시스템의 상용화를 고려하여 PID 제어법칙을 적용하였다.

제작된 시스템은 다양한 마이크로 부품 성형에 적합하도록 Cross Head Part를 설계하여, Base Part와 Cross Head Part 사이에 응용부품을 성형할 수 있는 전용 Die Set를 사용할 수 있도록 하였다.

제작된 마이크로 프레스 시스템은 AC Geared Servo Motor와 고정밀 Ball Screw를 이용하여 구동할 수 있도록 제작되었으며, 시스템 구동 속력을 조절할 수 있도록 풀리 구조(Pulley Structure)를 추가적으로 적용하였다. 그러므로 응용부품의 적정 성형 조건에 맞추어 풀리비(Ratio of Pulley)를 조정한다면 최적의 성형조건을 구현할 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 4에 본 시스템에 적용된 풀리 구조의 사진을 나타내었다. 풀리 구조에서 발생할 수 있는 오차를 최소화 하기 위해 아이들러(Idler) 풀리를 적용하여 벨트의 장력을 조절할 수 있도록 하였다.

마이크로 프레스 시스템을 이용하여 마이크로 부품을 성형하기 위한 금형은 마이크로 정도 이하를 가지게 되므로 반드시 금형 및 시스템의 과부하로 인한 손상을 방지하기

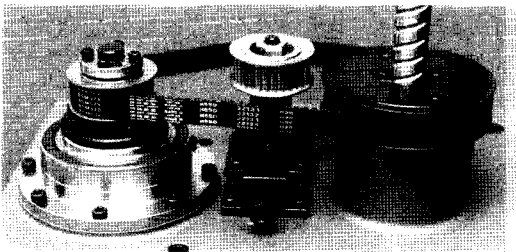


Fig. 4 Pulley structure for variable forming speed

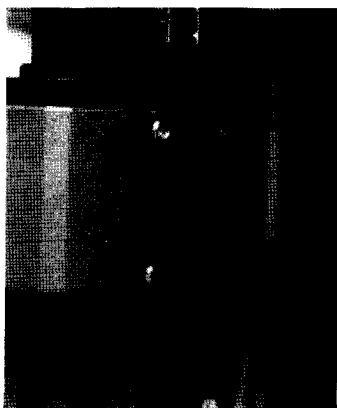


Fig. 5 Linear displacement sensor with 0.1µm resolution

위해서는 Sub-Micro 이하의 정밀한 변위 제어가 필요하다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 시스템에는 0.1µm의 정밀도를 가지는 Linear Displacement Sensor를 적용하였고, 이 센서를 Feedback Control하여 Sub-Micro 이하의 정밀한 변위 제어를 수행할 수 있었다.

Fig. 5에 본 시스템에 적용된 0.1µm의 정밀도를 가지는 Linear Displacement Sensor의 사진을 나타내었다.

### 3. 마이크로 펌프용 박판 밸브 부품 및 성형용 Compound Die Set 제작

본 연구에서는 마이크로 펌프 모듈의 중요 부품인 마이크로 박판 밸브의 다공정(2-Step) 펀칭 공정을 수행하여 마이크로 펌프용 박판 밸브를 성형하는 것을 연구 목표로 설정하였다.

본 연구에서 성형하고자 하는 마이크로 박판밸브가 적용

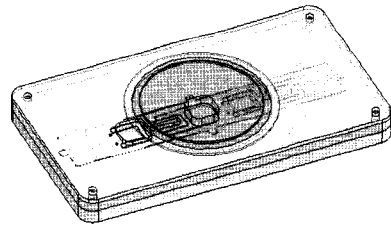
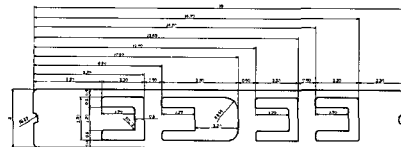
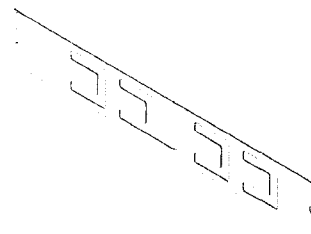


Fig. 6 Assembly 3D CAD drawing of micro pump module



(a) 2D CAD drawing

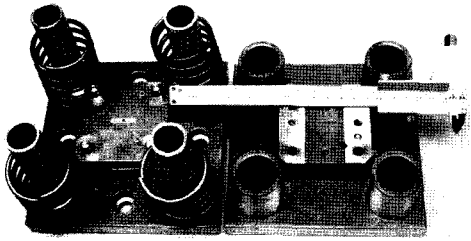


(b) 2D CAD drawing

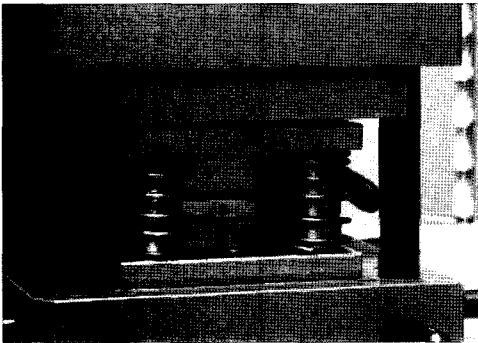
Fig. 7 2D and 3D CAD drawings of micro thin foil valve component

**Table 3** 마이크로 프레스 시스템에 적용 가능한 Die Set 공간 제약 조건

Item	Specification
Size restriction of Die Set	150×150×100(W×D×H, mm)



(a) Manufactured compound die set



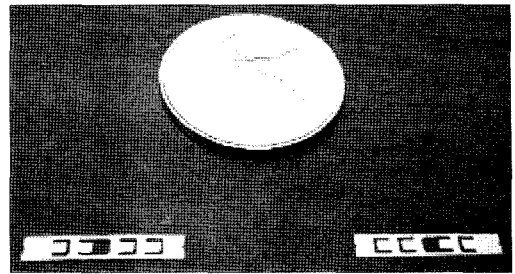
(b) Assembled picture

**Fig. 8** Compound die set for forming the micro thin foil valve component

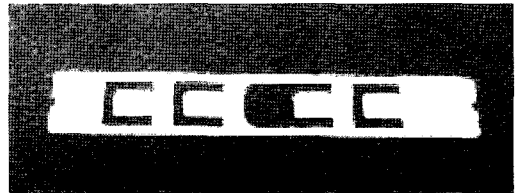
되는 마이크로 펌프 모듈의 조립도 및 마이크로 박판 밸브의 2D, 3D CAD 도면을 Fig. 6과 Fig. 7에 나타내었다.

본 연구를 통해 개발된 마이크로 프레스 시스템을 이용하여 마이크로 박판 밸브의 다공정(2-Step) 펀칭 공정을 수행하기 위해서는 Table 3과 같은 Die Set 공간 제약 조건이 존재한다. 이러한 제약 공간 안에서 마이크로 박판 밸브 성형을 원활히 수행할 수 있는 2-Step을 갖는 다공정 Compound 금형을 제작하기 위해 정밀 가공 및 조립을 통해 Fig. 8과 같은 Compound Die Set를 제작하였다<sup>(5)</sup>.

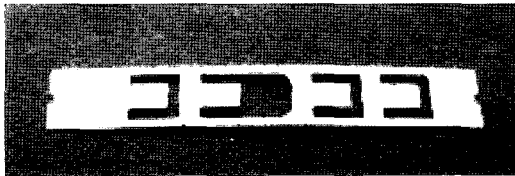
제작된 Die Set의 Die-Punch 사이의 Clearance는 20 $\mu$ m 이내로 설정하여 제작하였다.



(a) Size comparison of micro thin foil valve



(b) Forming result using 50 $\mu$ m thickness SUS-304



(c) Forming result using 100 $\mu$ m thickness SUS-304

**Fig. 9** Forming results of micro thin foil valve component (SUS-304 material)

#### 4. 마이크로 펌프용 박판 밸브 부품 성형 실험 결과

본 연구에서 목표로 설정한 마이크로 펌프 모듈의 중요 부품인 마이크로 박판 밸브의 다공정(2-Step) 펀칭 공정을 수행하여 박판 밸브를 성형하기 위해 제작된 Compound Die Set를 마이크로 프레스 시스템에 장착하여 두께 50 $\mu$ m 및 100 $\mu$ m를 갖는 SUS-304 박판 소재를 이용하여 성형 실험을 수행하였다.

그 결과를 Fig. 9에 나타내었다. 성형 실험을 수행한 결과 Burr가 없이 두 가지 두께를 가지는 소재에 대해 성형이 원활히 수행되었으며, 이 결과물을 이용하여 추후에는 마이크로 펌프 모듈 제작에 관한 연구를 수행할 예정이다.

## 5. 결론

본 논문에서는 마이크로 부품을 소성 성형방법을 이용하여 제작하기 위한 최적화된 성형 시스템 개발에 대한 연구결과를 제시하였다. 고정밀의 시스템을 구축하기 위해서는 많은 비용, 시간 및 노력이 필요하다. 본 논문에서는 효율적이고 마이크로 소성 성형공정에 적합한 시스템 구축 및 마이크로 금속 박판 소재의 마이크로 다공정 펀칭 성형 실험에 관한 연구결과를 제시하여 다양한 마이크로 성형 관련 연구를 위한 기반을 마련하였다.

본 연구에서 목표로 설정한 마이크로 펌프 모듈의 중요 부품인 마이크로 박판 밸브의 다공정(2-Step) 펀칭 공정을 수행하였다. 박판 밸브를 성형하기 위해 제작된 Compound Die Set를 본 연구를 통해 개발된 마이크로 프레스 시스템에 장착하여 두께 50 $\mu$ m 및 100 $\mu$ m를 갖는 SUS-304 박판 소재를 이용하여 성형 실험을 수행하였고, 그 결과 Burr가 없이 두 가지 두께를 가지는 소재에 대해 성형이 원활히 수행된 것을 확인할 수 있었다. 본 연구 결과물을 이용하여 추후에는 마이크로 펌프 모듈 제작에 관한 연구를 수행할 예정이다.

## 후 기

본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 차세대 신기술 개발사업 중 “차세대 마이크로 팩토리 시스템 기술 개발 사업”의 세부과제로서 수행한 연구결과이며 이에 관계자 여러분들에게 감사의 말씀을 올립니다.

## 참 고 문 헌

- (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.
- (5) Yoon, J. H., Ahn, B. W. and Park, S. J., 2004, “A Deburring Characteristics of Small Punching Holes using Micro Press,” *Trans. of KSMTE*, Vol. 13, No. 3, pp. 61~67.