

# 공압 액추에이터를 이용한 마이크로 프레스의 정밀 블랭킹 힘 조절에 관한 연구

## Precision blanking force adjustment using pneumatic actuator in micro press

\*\*박진호<sup>1</sup>, 이해진<sup>2</sup>, 이낙규<sup>2</sup>, 이근안<sup>2</sup>, 이형욱<sup>2</sup>, 최태훈<sup>1</sup>, 나경환<sup>2</sup>

\*\*J. H. Park(jeanho@kitech.re.kr)<sup>1</sup>, H. J. Lee<sup>2</sup>, N. K. Lee<sup>2</sup>, G. A. Lee<sup>2</sup>, H. W. Lee<sup>2</sup>, T. H. Choi<sup>1</sup>, K. H. Na<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 한국생산기술연구원 신소성가공팀, <sup>2</sup> 한국생산기술연구원 디지털성형공정팀

Key words : micro metal foil forming, micro press, blanking force, deep drawing, miniaturized forming system

### 1. 서론

마이크로 프레스는 수십  $\mu\text{m}$  에서 수 mm 치수를 갖으며 sub- $\mu\text{m}$  에서 수  $\mu\text{m}$  의 정밀도를 갖는 판재 또는 볼크 부품을 성형하기 위한 초정밀 성형용 프레스로서 마이크로 팩토리(Micro factory)의 공정 모듈(Process module)로 적용될 수 있는 소형의 미소기계 시스템을 뜻한다. 기존의 성형용 프레스는 주로 유압이나 기계적 방식을 이용한 Actuator 를 사용하고 있으며 장비의 크기가 커서 많은 공간을 차지하게 된다. 이러한 큰 용량의 성형용 프레스를 가지고 수십  $\mu\text{m}$  에서 수 mm 치수를 갖으며 sub- $\mu\text{m}$  에서 수  $\mu\text{m}$  의 정밀도를 갖는 정밀 부품을 성형한다는 것은 비효율적이고 성형목적에 적합하지 않다고 볼 수 있다. 본 논문에서 소개하는 마이크로 프레스(Micro press)는 Servo motor 를 이용하며, Fig. 1(b)에 나타난 바와 같이 Desk-top 형태로써 소요 전력과 공간을 크게 절약할 수 있다. Fig. 1 은 일반적인 산업현장에서 사용되는 성형용 프레스와 마이크로 프레스를 비교하기 위해 제시한 사진이다.

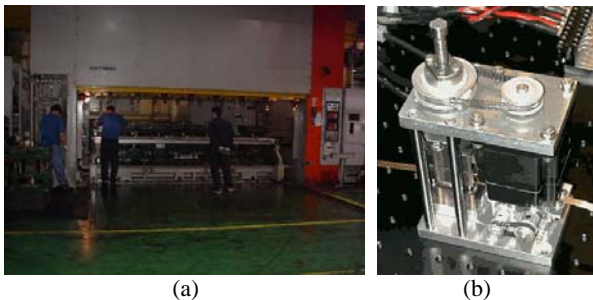


Fig. 1 Comparison between general press and micro press  
(a) General press and (b) Micro press

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 등에 적용될 전망이다. 이와 같은 변화에 대응하기 위해서는 다양한 소재에 관하여 초소형 고정밀 생산이 가능하며 생산성이 높은 마이크로 성형 및 기계가공 기술 개발이 필요하다. 이 중, 마이크로 성형 기술은 금속, 폴리머 등 다양한 소재의 임의의 3 차원 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 중이다.

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 및 Tool 이 소형화됨에 따라 관성력 감소와 시스템의 높은 고유 진동수를 얻을 수가 있으므로 이를 통해 고정밀 제어가 가능하여 성형 정밀도를 증대할 수 있

다. 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. 또한 성형품이 미세해짐에 따라서 기계적인 정밀 제어가 필수적이다. 현재까지 국내에서는 미세한 크기를 갖는 부품 성형에 관한 연구는 진행 중이지만 장비의 소형화와 관련된 연구는 미흡한 상황이다.

본 논문에서는 마이크로 성형기술의 효율을 극대화하기 위해서 필수적인 박판 성형용 마이크로 프레스 장비의 현재까지의 진행사항을 정리하고 Deep drawing 공정에서의 Blanking force adjustment unit 의 미비로 인한 문제점을 Pneumatic actuator 를 이용하여 보완한 새로운 시스템을 소개하며 보완된 시스템을 이용한 Deep drawing 결과를 소개하고자 한다.

### 2. 마이크로 프레스 시스템

Fig. 2 는 마이크로 금속 박판 소재의 소성 성형을 위한 시스템으로 3D CAD 모델과 실제 제작된 시스템의 사진을 나타내었다. 제작된 시스템은 크기가  $110 \times 150 \times 200$  (W×D×H, mm)인 소형 소성성형 시스템으로 마이크로 모터를 이용하여 구동을 하고 상하 금형의 정렬을 위해 마이크로 스테이지가 구비되어 있다. 소형 마이크로 소성성형 시스템은 마이크로 X-Y 스테이지 모듈과 정밀 가이드 모듈로 구성된다. 마이크로 X-Y 스테이지 모듈 금형(Die)과 성형공구(Punch)의 미세 정렬을 위한 부분으로  $1 \mu\text{m}$ 의 정밀도를 갖는 고강성 마이크로 스테이지를 사용하였다.

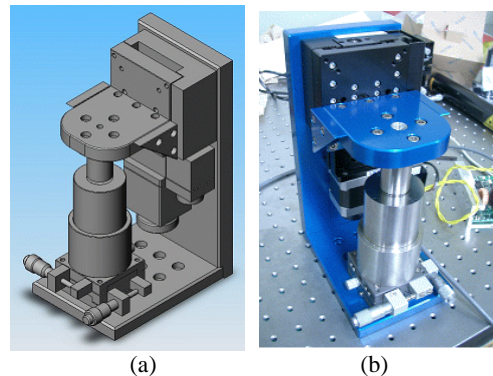


Fig. 2 Previous micro press system  
(a) 3D CAD model (b) Actual system

마이크로 박판소재의 성형성을 시험하기 위한 공정으로

딥드로잉(Deep drawing) 공정을 수행하였으며, 제작된 드로잉 다이(Drawing die)와 펀치(Punch)의 사진을 Fig. 3에 나타내었다. 마이크로 금속 박판의 가공경화 특성을 고려하여 성형 클리어언스를 0.150mm로 설계하였으며, 따라서 펀치의 외경은 9.700mm, 드로잉 다이의 내경은 10.000mm로 설계하였으며, 측정결과  $\pm 1 \mu\text{m}$ 의 정밀도로 제작되었음을 확인할 수 있었다. 성형성을 높이기 위하여 드로잉 다이와 펀치의 코너 반경을 각각 R1.5mm / R2.0mm로 설계하였다. 또한, 다이와 펀치는 공구강으로 제작되었으며 표면 연마 및 열처리를 통해 표면 조도와 강도를 향상하였다.

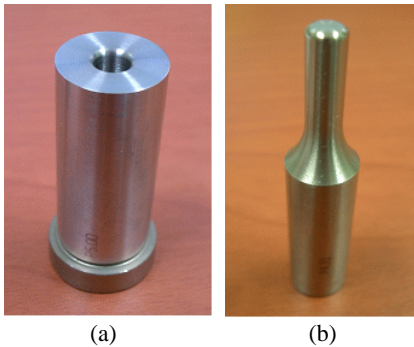


Fig. 3 Manufactured drawing die and punch  
(a) Drawing die (b) Drawing punch

제작된 소형 마이크로 소성 성형 시스템을 이용하여 두께 100  $\mu\text{m}$ 의 소재에 대해 딥드로잉(Deep Drawing) 성형 실험을 수행하였다. 실험결과 이방성으로 인한 귀발생(Earing) 현상이 크게 발생하였으며, 시스템을 소형화하면서 스프링을 이용한 압판 압력(Blank Force)이 부족하여 주름현상(Wrinkling)이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 4는 기존 시스템을 사용한 Deep drawing 성형 실험결과 사진으로 Earing 및 Wrinkling 현상을 보여주고 있다.

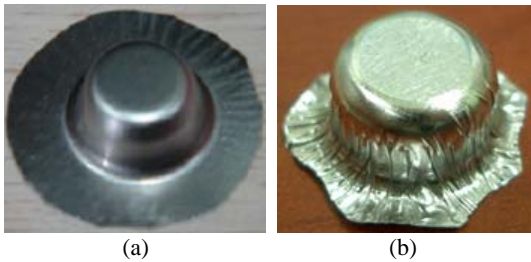


Fig. 4 Deep drawing results from previous micro press system  
(a) Earing (b) Wrinkling

이러한 공정상의 문제점을 해결하기 위해 압판 압력을 정밀하게 조정할 수 있는 Blanking force adjustment unit을 구성하여 시스템을 재설계하여 제작하였다. 여기서 사용된 Blanking force adjustment unit은 pneumatic actuator를 사용하였고, pneumatic regulator를 사용하여 blanking force를 정밀하게 조정할 수 있도록 하였다. 또한, 재설계된 시스템의 전체 크기는 60×110×200(W×D×H, mm)로 기존 제작된 마이크로 프레스보다 더 소형화하였다. 재설계된 시스템의 3D CAD 모델과 실물 사진을 Fig. 5에 나타내었고, Fig. 6은 이 시스템을 사용한 deep drawing 결과이다. 기존 시스템을 사용한 결과에서의 Earing 혹은 Wrinkling 현상이 없이 양품의 결과를 얻을 수 있었다.

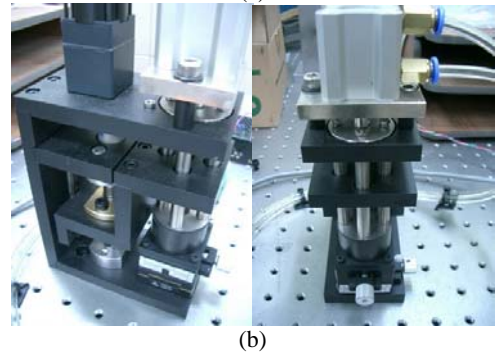
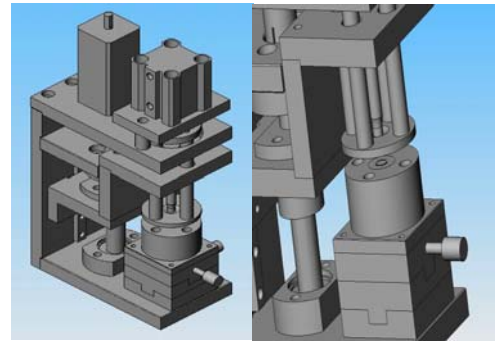


Fig. 5 Micro press system with blanking force adjustment unit  
(a) 3D CAD model (b) Actual system

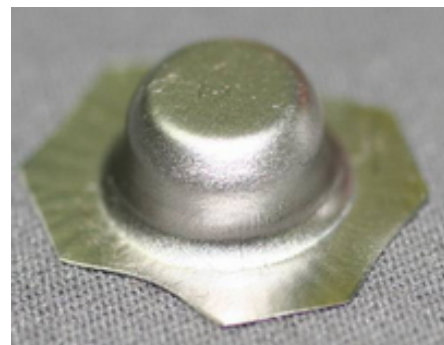


Fig. 6 Deep drawing result from micro press system with blanking force adjustment unit

### 3. 결론

본 연구를 통하여 기존 마이크로 프레스 장비의 Deep drawing 공정에서의 문제점을 파악하고 Pneumatic actuator를 이용하여 기존 마이크로 프레스의 문제점을 보완하여 양품의 성형 결과를 얻을 수 있었다.

### 후기

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

### 참고문헌

1. Z. Tourki, A. Zeghloul, G. Ferron, "Sheet metal forming simulations using a new model for orthotropic plasticity", Computational Materials Science, Vol.5, pp. 255~262, 1996
2. H.J. Lee, N.K. Lee, S.M. Lee, G.A. Lee and S.S. Kim, "Development of Micro Metal Forming Manufacturing System", Materials Science Forum, Vol.505-507, pp. 19-24, 2006