

## 금속 소재의 미세 패턴 가공을 위한 마이크로 성형시스템 개발

### Development of Micro Forming System for Micro Pattern Forming of Metallic Materials

\*# 김홍석<sup>1</sup>, 남정수<sup>2</sup>, 김금록<sup>1</sup>, 이상원<sup>2</sup>, 신기훈<sup>1</sup>

\*# H. S. Kim<sup>1</sup>(hongseok@seoultech.ac.kr), J. S. Nam<sup>2</sup>, G. R. Kim<sup>1</sup>, S. W. Lee<sup>2</sup>, K. H. Shin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>서울과학기술대학교 기계공학과, <sup>2</sup>성균관대학교 기계공학부

Key words : Microforming, Bulk forming, Miniaturized manufacturing system, Metallic material

#### 1. 서론

최근 의료, 전자, 통신, 기계 등 다양한 산업분야에서 마이크로 시스템의 적용이 확산되면서 초소형 고정밀 부품의 필요성이 크게 증가하고 있다. 성형기술을 이용한 마이크로 부품의 생산은 절삭가공, 리소그래피(lithography), 레이저 가공, 방전가공(electro-discharge machining) 등과 비교할 때 비용 및 생산성 측면에서 장점을 가지고 있어 관련 분야의 연구가 활발히 진행되고 있다 [1].

하지만 마이크로 급 정밀부품 생산을 위해 기존의 대용량 성형장비를 사용하는 것은 효율성이나 정밀도 실현 측면에서 적합하지 않기 때문에 본래 성형목적에 맞는 마이크로 성형시스템의 개발이 필요하다 [2]. 마이크로 부품의 생산에는 필요한 성형하중이나 금형의 크기가 작아지기 때문에 성형장비를 소형화하는 것이 효율적이다. 또한 다양한 소재와 형상에 대한 효율적인 고정밀 가공을 실현하기 위해서는 고강성 구조설계, 고정밀 위치제어, 정밀 금형설계, 부품 핸들링 장비개발 등에 관한 기술이 확보되어야 한다. 본 연구에서는 효과적인 미세성형 공정을 위한 데스크탑 마이크로 성형시스템의 개발하였고, 이를 활용하여 다양한 크기의 마이크로 채널에 대한 성형을 실시하여 미세성형에서의 소재의 변형특성을 고찰하였다.

#### 2. 마이크로 성형시스템

Fig.1에 개발된 마이크로 성형시스템을 보여주고 있다. AC 서보모터와 감속기, 볼스크류를 사용하여 구동시스템을 제작하였고, 장비크기는 350×450×600 mm 이다. 성형하중은 최대 1.5톤 까지 사용할 수 있고, 최대 하중 상태에서 50mm/s의

속도로 구동이 가능하다. LM 가이드와 리니어스케일을 이용하여 0.1 μm의 변위 정밀도를 구현하였고 하부 프레임에 로드셀을 장착하여 성형 하중을 측정하였다.

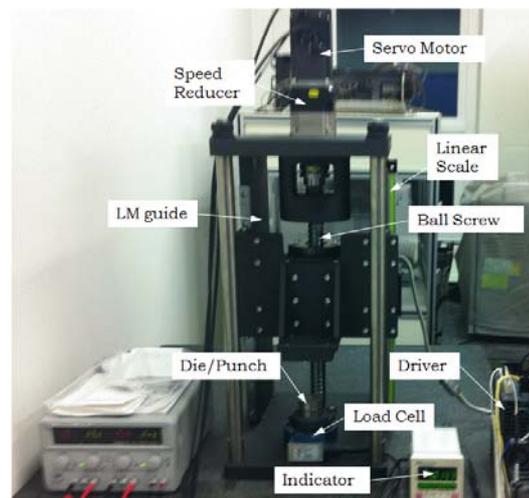


Fig. 1 Photo of the micro forming system

Fig.2는 압축 체적성형(bulk forming)을 위하여 제작된 금형을 보여주고 있다. 금형강을 성형연마하여 다양한 크기 (i.e. 50, 100, 200, 300, 500 μm)의 마이크로 채널을 가공하였고 성형성능 평가를 통해 미세성형에서의 크기효과를 고찰하고자 하였다. 본 장비는 체적성형 뿐 아니라 다양한 형태의 금형 제작 및 인장그립 설치를 통해 소재의 인장시험이나 박판성형(sheet forming)도 실험이 가능하다.

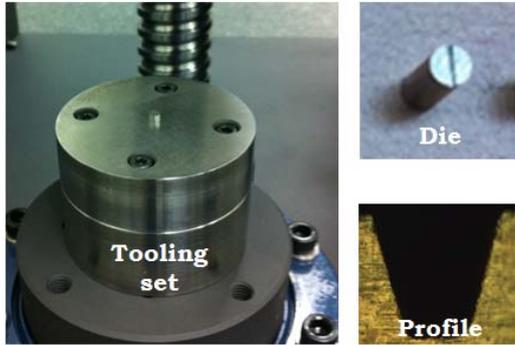


Fig. 2 Manufactured tooling set and die profile for bulk forming of micro patterns

Fig. 3은 다양한 크기의 마이크로 채널에 대한 성형실험 결과를 보여주고 있다. 알루미늄 및 황동 소재를 성형하였고 성형된 채널의 높이는 채널 폭에 대한 상대적인 크기로 표시하였다. 동일한 성형하중을 받은 상태에서 채널의 크기가 줄어들수록 상대적인 성형성능이 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. 채널의 크기가 줄어들면 변형영역에 수 개의 결정립(grain)만 존재하게 되어 소재는 더 이상 균질한(homogenous) 변형체로 가정하기 어렵게 되고, 결정립간 회전(rolling)에 의한 변형저항성이 증가하여 성형성능을 감소시키는 것으로 판단된다 [3].

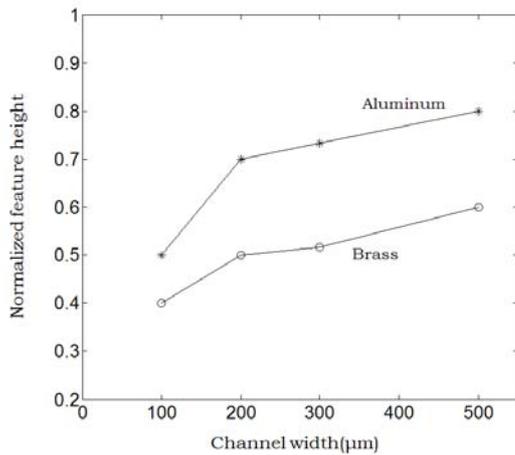


Fig. 3 Normalized feature height under various channel widths

### 3. 결론 및 토의

본 연구에서는 효율적인 마이크로 부품생산을 위한 데스크탑 마이크로 성형시스템을 개발하였고, 다양한 크기의 마이크로 채널 성형실험을 통해 미세성형의 크기효과를 고찰하였다. 동일한 실험 조건에서 채널의 크기가 작아질수록 결정립간 회전에 의한 변형저항성이 증가하여 성형성능이 저하되는 것으로 관찰되었다. 미세성형에서는 소재의 크기가 작아질수록 유동응력이 감소하고 마찰저항이 증가하게 되며 [4, 5] 결정립의 크기도 성형 결과에 현저한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 따라서 이와 같은 소재의 물성 및 공정변수의 변화를 고려하여 향후 유한요소해석 및 최적화 작업을 수행할 필요가 있으며, 이를 통해 기존의 시행착오법에 근거한 마이크로 성형공정의 설계 비용과 시간을 획기적으로 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

### 후기

본 연구는 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 기초연구사업(No. 2009-0068593)의 지원으로 이루어졌습니다.

### 참고문헌

- Engel, U. and Eckstein, E., "Microforming - from basics to its realization," J. Mater. Process. Technol., **125-126**, 35-44, 2002.
- Presz, W., Andersen, B. and Wanheim, T., "Piezoelectric driven micro-press for microforming," Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, **18**, 411-414, 2006.
- Wang, C.J., Shan, D.B., Zhou, J., Guo, B. and Sun, L.N., "Size effects of the cavity dimension on the microforming ability during coining process," J. Mater. Process. Technol., **187-188**, 256-259, 2007.
- Kim, H.S. and Lee, Y.S., "Investigation on the size effects of polycrystalline metallic materials in microscale deformation process," Transactions of the KSME A, **34**, 1463-1470, 2010.
- Kim, H.S. and Kim, G.R., "A study of friction in microforming using ring compressing tests and finite element analysis," Transactions of the KSME A, **34**, 1471-1478, 2010.