

마이크로 다이레스 성형 시스템을 이용한 금속박판소재의 마이크로 패턴 성형

이혜진^{1, #}, 이형욱¹, 박진호¹, 이낙규¹

Micro pattern forming on the metal thin foil Using micro dieless forming system

H. J. Lee, H. W. Lee, J. H. Park, and N. K. Lee

Abstract

The MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) process is used in a micro/nano pattern manufacturing method. This method is based on the lithography technology. But the MEMS process has some problems such as complicated process, long processing time and high production costs. Many researchers are doing research in substitute manufacturing method to work out a solution to these problems. In this paper, we apply a dieless incremental forming technology to a substitute method of MEMS process. This dieless forming technology is using in the commercial scale sheet forming such as a prototype of automobile sheet parts. 5-axes CNC (Computerized Numeric Control) method are applied in this system to get a micro-scale dieless forming results. These 5-axes system are composed of precision AC servo motor stages (4-axes) and PZT actuator (1-axis). A PZT actuator is used in a precision actuating axis because it can be operated in the nano scale stroke resolution. This micro dieless incremental forming system has the advantage of minimization in manipulating distance and working space. As equipment and tools become smaller in size, minute inertia force and high natural frequency can be obtained. Therefore, high precision forming performance can be obtained. This allows the factory to quickly provide the customer with goods because the manufacturing system and process are reduced. To construct this micro manufacturing system, many technologies are necessary such as high stiffness frame, high precision actuating part, structural analysis, high precision tools and system control. To achieve the optimal forming quality, the micro dieless forming system is designed and made with high stiffness characteristic.

Key Words : Micro dieless forming, Metal thin foil, Micro pattern, MEMS, PZT actuator, CNC, System control

1. 서론

금속재의 소성가공은 정형의 제품을 빠르고 값싸게 만드는 대량생산 방법으로 매우 유용하게 널리 활용되고 있다. 이러한 과정은 제품설계에서부터 제조공정설계, FEM해석, 금형의 설계제작, 시제품성형, 기능시험, 디자인변경, 금형의 수정보완, 양산설계 등 많은 과정을 거쳐야만 하고 이에

따른 막대한 설비 투자와 시간이 필요하다. 그러나 소비자의 요구는 빠르게 변하고 있어 이러한 요구를 충족시키기 위해서는 보다 경제적이고 빠른 제조기술개발이 절실하게 되었다.

가격결정구조에 있어서도 과거에는 기술적으로 접근하여 제조 공정을 결정한 후 제조된 제조원가에 이윤을 붙여 제품의 가격을 결정하는 공급자 중심의 가격결정 구조였으나 현재는 네트워크

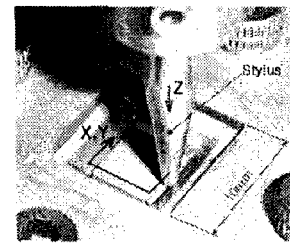
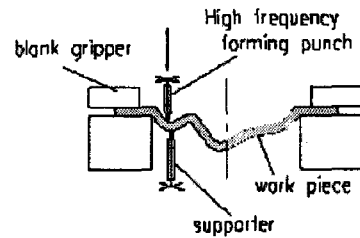
1. 한국생산기술연구원 디지털성형공정팀
교신저자: 한국생산기술연구원 디지털성형공정팀,
E-mail: naltl@kitech.re.kr

과 운송수단이 고속화되어 전세계의 모든 제품이 Global 경쟁체제가 됨에 따라 시장에서 팔릴 수 있는 가격을 결정한 후 이것에 맞는 제조 공정을 개발하여야 하는 소비자 중심의 가격결정구조로 바뀌었다. 따라서 이러한 경쟁에서 이기려면 모든 역량을 총동원하여 최고기능, 최적공정, 최저원가를 목표로 최단 시일 내에 제품의 공급이 이루어져야만 한다.

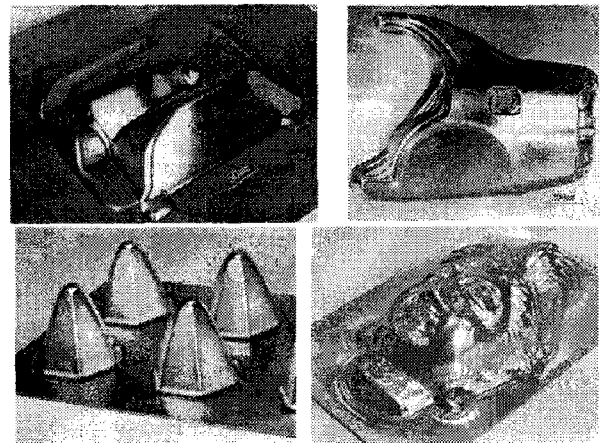
최근의 제품들은 기능의 만족은 물론이고 소비자들의 기호를 충족할 수 있는 다양한 디자인도 요구되고 있다. 이러한 요구의 수명주기는 매우 짧고 또한 구매 창출을 위해 같은 기능의 다양한 형태의 제품들이 출시되고 있다. 이러한 관점에서 소성가공기술도 기존의 공정을 간략화하여 개발비와 개발기간을 대폭 단축할 수 있는 제조방법의 고속화가 절대적으로 필요하게 되었다. 본 “지능형 Agile 점진성형기술”은 이러한 요구들을 충족시킬 수 있는 새로운 기술로 기존에는 제품을 만들기 위해서는 제품별 펀치와 다이가 반드시 필요하였고 소재의 연신율 한계와 기하학적 형태의 한계로 다수의 펀치와 다이 및 이들이 제 기능을 발휘하도록 하는 다수의 연관 부품들이 필요하였던 것에 반하여 본 기술은 X-Y Table과 3자유도의 High Frequency Forming Punch와 Off-Set량을 유지하며 하중을 받아주는 3자유도의 Supporter로 구성된 CNC장치만 있으면 된다. 아울러 성형에 필요한 구성품이 단순하고 성형하중이 매우 작아 전체 시스템의 Micro화도 가능하다. 본 기술로 가능한 공정영역은 전자부품, 반도체부품, 의료부품, 항공우주부품, 산업용부품, 초소형 특수 비행체 부품, 초소형 무인 Cruiser 부품 등의 딥드로잉, 스피닝, Micro Forging, Micro Stamping 공정 등이며 제조 가능한 형상은 MEMS 공정으로는 불가능한 많은 삼차원 형상도 가능하며 Micro 부품, Macro 부품, 초대형부품 등 다양한 크기와 형태의 제품을 제약 없이 빠르게 만들어 볼 수 있어 다 품종 소량생산에 최소의 비용으로 최대의 효과를 얻을 수 있는 최적의 기술이며 대량생산 제품이라도 완제품개발에 걸리는 시간과 개발비를 대폭 줄일 수 있는 기술이다. 본 기술을 완성하기 위해서는 CAD/CAM 기술, FEM 해석기술, 메카트로닉스기술, 실시간 형상측정기술, 로봇틱스 기술 등이 필요하다.

본 논문에서는 Dieless 성형 기술(Fig.1)을 이용하여 마이크로 크기/정도를 가지는 미세

패턴을 마이크로 박판소재에 성형하는 마이크로 다이레스 성형 시스템 개발에 관한 연구 결과 및 성형성을 평가하기 위해 개발된 마이크로 다이레스 성형 시스템을 이용하여 기본적인 마이크로 패턴을 성형한 결과에 대해 제시하였다.



(a) Schematic figure and picture of dieless forming



(b) Conventional dieless forming example

Fig.1. Schematic figure and forming products examples of conventional dieless forming procedure (AMINO Inc.)

2. 마이크로 다이레스 성형 시스템 설계

마이크로 다이레스 성형 시스템을 개발하기 위해 본 연구에서는 정밀 Servo Motor 4축 정밀 구동부와 나노급 정밀도를 가지는 1축 피에조 액추에이터 구동부의 총 5축 구동 시스템으로 설계하였고, 설계된 3D CAD 모델을 Fig.2에 나타내었다.

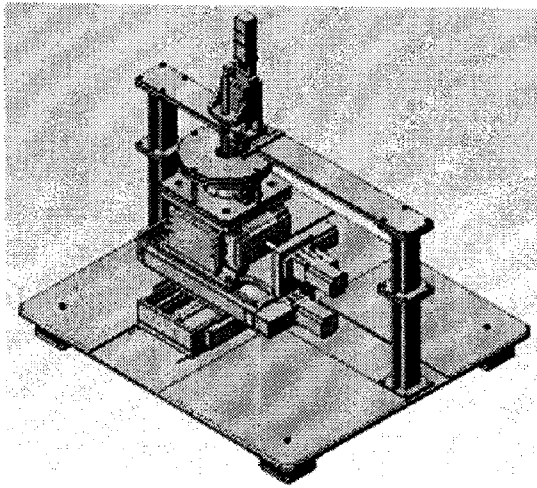


Fig.2. 3D CAD model of Micro dieless forming system

3. 마이크로 다이레스 성형 시스템 제작

설계된 마이크로 다이레스 성형 시스템은 Fig.3에 나타낸 바와 같이 정밀 기계가공 및 조립을 통해 제작되었다. 본 시스템의 정밀 구동부는 X-Y Stage, Linear Z-Stage, Wedge Typ Z-Stage의 3개 모듈로 구성되었다. 이 정밀 구동부는 모두 정밀 LM Guide, Ball Screw, AC Geared Motor로 성형대상 모델의 CAM 데이터를 구현하도록 구성하였다.

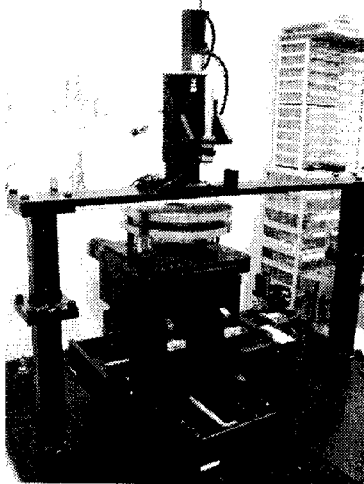
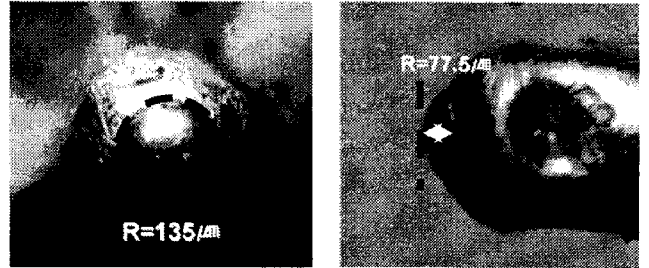


Fig.3. Manufactured micro dieless forming system

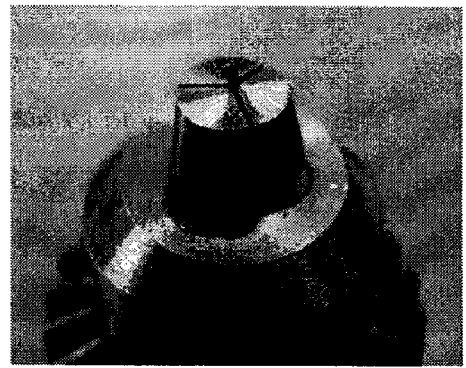
4. 마이크로 패턴 성형 결과

개발된 마이크로 다이레스 성형 시스템을 이용하여 Fig.4와 같은 반경 $150\mu\text{m}$ 를 갖는 Ball Tip Stylus를 이용하여 두께 $50\mu\text{m}$ 의 Al-1100 소재와 Cu(99.9%) 소재를 이용하여 기본 마이크로 패턴

성형실험을 수행하였다. 그 결과 패턴성형은 수행하였으나 소재 Jig 부분 및 소재 하단 Support 방법에 있어서 문제점이 있음을 파악할 수 있었다.

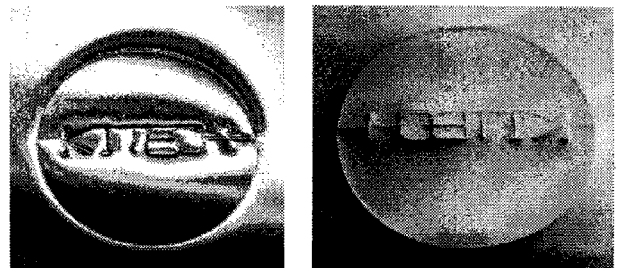


(a) Shape measurement results of forming ball tip



(b) Jig and fixer of dieless forming tip

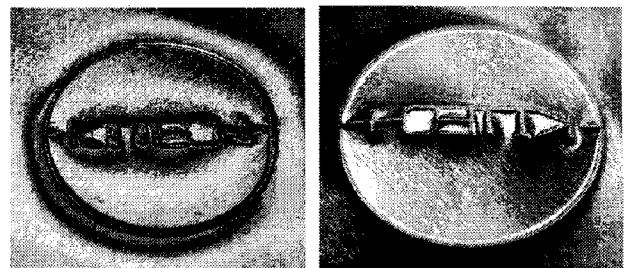
Fig.4. Ball tip forming tool for micro dieless process



(Forming surface)

(Backside view)

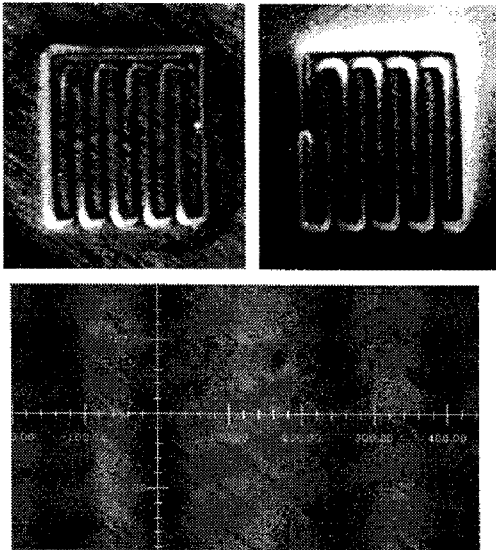
(a) "KITECH" pattern / Al-1100 thin foil ($t=50\mu\text{m}$)



(Forming surface)

(Backside view)

(b) "KITECH" pattern / Cu-99.9% thin foil ($t=50\mu\text{m}$)



(c) Multi-line pattern (Al-1100, $t=50\mu\text{m}$)

Fig.5. Micro dieless forming results

5. 결 론

본 연구를 통해 마이크로 다이레스 성형 시스템 및 마이크로 패턴 성형성에 관한 실험을 수행하여 성형 가능성을 검토할 수 있었다. 하지만 연구 결과 패턴 성형은 수행하였으나 소재 Jig 부분 및 소재 하단 Support 방법에 있어서 문제점이 있음을 파악할 수 있었다.

앞으로 이러한 문제점을 개선하고 2차원 및 3차원 형상 성형에 관한 연구를 지속할 예정이다.

후 기

본 연구는 산업자원부가 지원한 과제의 연구결과물이며 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Lange, K., 1976, "Text Book of Metal Forming", Springer-Verlag, New York.
- [2] Taylan Altan, Soo-Ik Oh, Harold L. Gegal, 1983, "Metal Forming", American Society For Metals, America.