

미세박판가공을 위한 마이크로 NCT 제작에 관한 연구

홍남표, 신용승, 최근형(강원대학교 대학원 기계메카트로닉스공학부),
김병희, 장인배, 김현영(강원대 기계메카트로닉스공학부), 오수익(서울대 기계항공공학부)

The Development of Micro NCT for Micro Blanking/Punching of Thin Plates

N. P. Hong, Y. S. Shin, K. H. Choi, B. H. Kim, I. B. Chang, and H. Y. Kim
(Div. of Mechanical Eng. and Mechatronics, KNU), S. I. Oh (School of Mech. and Arero. Eng., SNU)

ABSTRACT

In this paper, we developed the micro NCT system for punching the thin plates, which is driven by the standalone type microprocessor. In order to adjust the alignment between the punch and die in-situ punching procedures, the non-contact type laser sensor for measuring the burr and micro-driving system for punching die with using the differential screw are developed. The height of burr in four directions in the punched hole of test specimen are measured, and the measured data are transferred to the personal computer by RS232C serial communication technology. In the personal computer, by using the graphic user interface type monitoring program and data handling procedures which includes the filtering algorithms, the direction and length of movement of the die position is decided and these data are transferred back to the microprocessor. The microprocessor drives the micro positioning stage based on these data. Even if this method is not a perfect solution for the in-situ alignment in micro punching, but this alignment methodology is accomplished in the same stage just after the punching that we hope to solve the alignment problem in the micro punching system based on this technology.

Key Words : Micro Punching (미세 펀칭), Burr (버), alignment (얼라인먼트), Differential Screw (미분나사), Micro Positioning (미세 위치결정)

1. 서론

전단은 일반적으로 블랭킹(blanking), 트리밍(trimming), 피어싱(piercing) 등의 공정을 포함하며, 박판(sheet metal)의 성형 및 제조 공정에 가장 많이 사용되고 있는 중요한 공정 중의 하나이다. 산업이 발달할수록 기계 및 통신 분야를 비롯한 모든 산업에서 제품 소형화 및 정밀화 현상이 두드러지게 나타나고 있다. 소형정밀부품 생산에 있어 전단공정에 의한 불량률이 타 공정에 비하여 많이 발생하고 있으며 이러한 문제를 해결하기 위하여 많은 연구가 진행되어 왔다¹⁻³.

본 연구에서는 미세 이송이 가능한 다이 및 레이저를 이용한 버 검출 시스템을 갖추고, 박판의 평면 이송 시스템을 구비한 수치제어형 자동 펀칭 시스템을 제작하여, 상용 자동 판금기인 NCT에서와 같이 박판에 펀칭을 수행한 후 레이저 버 검출 시스템이

있는 위치로 펀칭된 판재를 이송하여 버 형성특성을 측정 후 이를 토대로 하여 펀칭다이의 미세 위치를 조절하는 방식으로 버의 형성이 최소가 되는 펀치와 다이 사이의 얼라인먼트를 조절한 후 본격적인 자동 펀칭 시스템을 구동하는 방식을 채택하므로써, 현재까지는 미세 구멍의 성형에서 가장 난제로 대두되어지는 펀치와 다이 사이의 얼라인먼트 문제를 해결할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 시스템의 구축

2.1 펀칭다이 미세이송 시스템

펀칭다이의 미세 이송 시스템은 미세 이송기구에 자주 사용되어지는 탄성 힌지를 사용하였다. 그런데, 일반적으로 탄성 힌지는 미세 회전각에 대하여 발생하는 코사인 에러를 무시한 상태에서는 순수 수평 운동과 유사한 운동을 구현할 수 있다는 점에 착안하여 1자유도의 운동을 구현하기 위하여 일반적

으로 채용되어지는 기구학적 베어링 메커니즘으로, 주로 압전 소자에서 발생하는 수십 미크론 단위의 미세 이송을 증폭하여 수백 미크론 범위의 이송을 만들어내는 데 사용되어진다. 따라서, 변위의 증폭과 2자유도 운동을 동시에 구현하기 위해서는 매우 복잡한 힌지-레버 기구가 연결된 형상을 구현해야만 하는 난점이 있다. 그런데, 본 연구에서 채용된 힌지는 최대 이송거리가 펀치와 다이 사이의 공차 범위를 넘어서지 않기 때문에 최대 수십 미크론의 변위만을 필요로 한다. 따라서 별도의 증폭을 위한 레버 메커니즘을 필요로 하지 않고, 2차원 평면운동을 동일 메커니즘 내에서 구현한다 하여도 심각한 커플링 현상을 유발하지 않는다. 따라서, 본 연구에서는 Fig. 1에 도시된 것과 같은 +자형 회전관절기구를 갖는 가이드 메커니즘을 구축하였다.

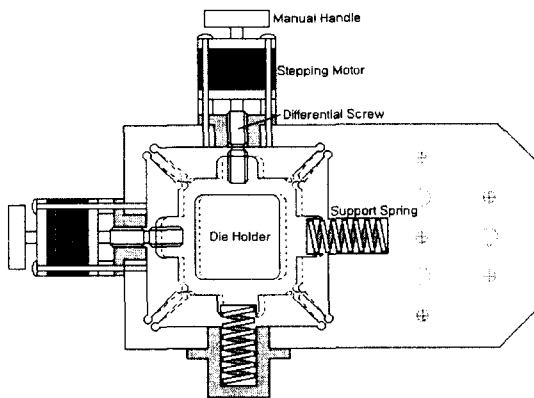


Fig. 1 Cross Shaped flexural guide mechanism for 2 plane movement

일반적으로 미세 이송을 구현하기 위해서는 압전형 구동기를 사용하는데, 압전 크리스탈은 취성이 강하여 충격력이 작용하는 펀치 기구의 다이 이송기구로 사용하기가 부적합할 뿐만 아니라 일단 평형위치가 결정되었다라도 작동중에 순간적인 정전이나 노이즈의 유입 등과 같은 긴급사태의 발생시 작동위치를 잃어버려 펀치와 다이의 충돌을 유발하고 공구의 파손을 초래할 가능성이 있으므로 펀치 시스템에 최적의 이송기구는 아니다. 따라서 본 연구에서는 미세 이송이 가능하면서도 이송 후 그 위치를 기구학적으로 구속하여 전원이 꺼진 후에도 그 위치를 잃어버리지 않는 이송 메커니즘을 필요로 한다. 이를 충족시킬 수 있는 스크루형 이송 시스템이 바로 미분나사이다. 미분나사는 Fig. 1에 도시된 것과 같이 미터계 나사와 유니파이계 나사의 미세한 피치 차이를 이용하여 이송을 구현하는 이송기구로, 본 논문에서는 $M10 \times 1.25$ 미터나사와 $UNF 3/8 \times 20$ 인 유니파이 나사를 사용하므로써 1회전 당 약 $20 \mu m$

정도의 이송 정밀도를 구현하였다. 그런데, 나사는 근원적으로 틈새가 있어 백래시를 피할 수 없기 때문에 이송계의 반대측에는 백래시를 없애기 위한 예압 기구가 필요하게 된다. 본 연구에서는 사각단면형 스프링을 삽입하여 예압을 구현하였다. 또한 미분나사의 이송은 스테핑 모터를 사용한 서보 구동과 수동조작 모두가 가능하도록 수동 조작용 핸들을 스테핑 모터의 후단에 설치하였다. 이에 따라 구현된 다이 미세 이송 시스템은 펀칭 기구와 결합되어 Fig. 2에 도시된 바와 같이 펀칭 시스템 모듈로 구현되었다.

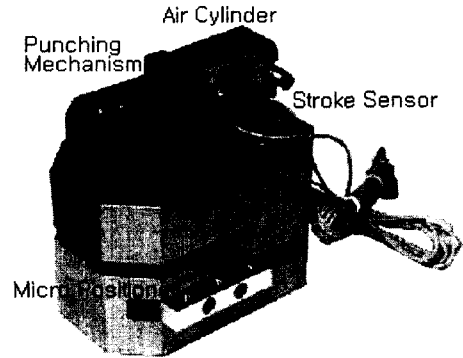


Fig. 2 The Assembled Module for Micro Punching

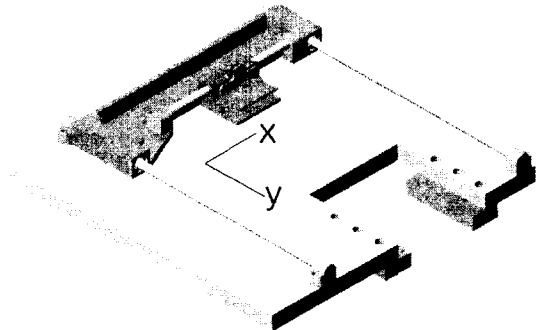


Fig. 3 Table System for the Micro NCT

2.2 판재 이송용 테이블 시스템

가공 대상물인 박판 부재를 2차원 평면 내에서 자동으로 이송하기 위하여 Fig. 3에서와 같이 리니어 가이드와 스테핑모터 및 벨트 구동 시스템을 사용한 이송계를 구축하였다. 평면 이송 시스템은 최초 작동시 2개의 포토 커플러를 사용하여 원점을 확인한 후 작동을 개시하며, 하나의 작업단위가 종료되면 자동적으로 원점으로 복귀하도록 프로그램이 되어 있기 때문에 비록, 이송계가 개루프 제어로 구동되지만 원점을 잃어 오작동을 하는 경우는 거의 발생하지 않는다. 스테핑 모터의 구동력을 증대시키기 위하여 감속기가 채용되었으며, 타이밍벨트로 구동되므로, 모터의 반대편에는 아이들 축이 설치되어

있다. y축의 가이드를 위해서는 한 쌍의 리니어 가이드가 사용되었고 베어링으로는 플라스틱 계통인 무윤활 방식 롤론 베어링이 사용되었다. x축은 박판 부재를 고정하기 위한 클램프가 설치되어 있으며, 단일축으로 구성되어 있다. x축 이송계는 y축상에 얹혀 있으므로 전선을 끌고 다녀야 하는데, 전선의 강성을 무시할 수 없기 때문에 계의 작동 정밀도에 영향을 끼칠 수도 있다. 전선의 강성을 최소화하기 위하여 본 논문에서는 박판 폴리머위에 박막금속으로 전선이 성형된 플랫 케이블을 사용하였다.

2.3 모니터링 및 제어 시스템의 구축

본 연구에서 개발된 마이크로 NCT 시스템은 독립형 마이크로프로세서에 의하여 구동 및 작동상태가 모니터링되며, RS232C 시리얼 통신을 사용하여 제어값과 모니터링 결과가 모니터링용 PC로 전송된다. PC에는 윈도우즈 기반의 모니터링 프로그램이 작성되어 있어 마이크로 NCT 시스템의 제어와 모니터링이 그래픽 환경 하에서 수행된다. 전체 시스템의 구성도는 Fig.4에 도시되어 있다.

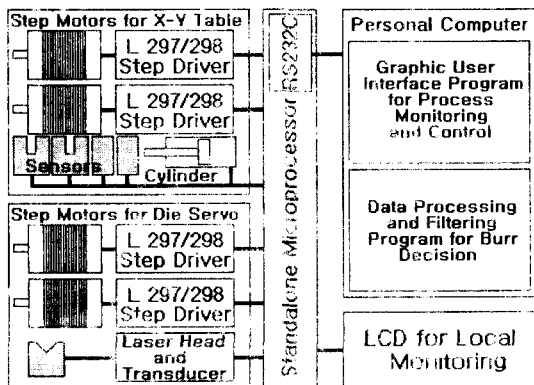


Fig. 4 Schematics for the Micro NCT System

편칭 공정은 두 개의 스테핑 모터와 두 개의 포토커플러 및 두 개의 홀센서, 그리고 하나의 공압 실린더로 구성된다. 스테핑 모터는 박판 부재의 X-Y 이송을 위한 구동기이며, 포토커플러는 원점 보정을 위한 것이다. 공압을 사용하여 편칭 공정을 수행하며, 공압 실린더의 전진 및 후진을 감지하여 편치가 판재에서 완전히 빠지지 않은 상태에서 판재를 이송하는 오류가 발생하지 않도록 편치의 전진 및 후진을 홀센서를 사용하여 감지한다.

레이저 방식의 비접촉 변위 측정 시스템은 편치와 다이 사이의 얼라인먼트를 조절하기 위하여 사용되며, 미세 이송 시스템은 레이저로 측정된 버 발생 정도를 기준으로 하여 편치와 다이 사이의 얼라인먼트를 조절하기 위하여 사용된다.

Fig. 5에서는 실제로 구축된 시스템의 외형을 보여주고 있다.

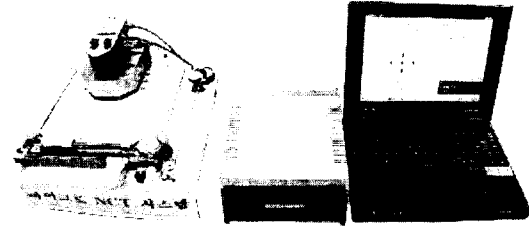


Fig. 5 The Micro NCT System

2.4 버 측정 시스템

마이크로펀치를 사용한 편칭 가공에서 가장 어려운 난제는 펀치와 다이 사이의 얼라인먼트를 조절하는 것이다. 현재로는 가공 중에 버 발생을 감지하여 이를 보정하는 방법은 마이크로펀치에서 적용이 어려운 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 본 가공공정의 개시 이전에 시험 가공을 수행하며, 시험 가공시 발생하는 버 생성특성을 in-situ 상태에서 각 방향별로 감지하여 이를 근거로 앞서 설명한 다이 미세이송 서보계를 구동한다. 최종적으로 펀치와 다이 사이의 얼라인먼트를 확보한 후, 정상적인 편칭 가공공정을 수행하고, 정기적, 혹은 비정기적으로 버 발생 정도를 측정하여 얼라인먼트를 조절할 수 있도록 기능을 부여하였다.

in-situ 얼라인먼트 조절이 가능하도록 하기 위해서는 편칭된 가공물의 버 발생 특성을 가공기 내에서 측정할 수 있어야만 한다. 본 연구에서는 레이저를 사용한 비접촉 변위 측정 시스템을 버 측정을 위한 기본 계측장비로 채용하였다. 변위 측정장치를 x-y 테이블이 설치된 가이드 플레이트의 중앙 하단부에 위치시킨 후 가이드 플레이트에는 관통구를 성형하였다. 일단, 시험가공용 시편에 다수의 시험공을 편칭한 후에 시편을 레이저 변위측정 위치로 이송한다. 시험공의 전단면을 동서남북 4개의 방향에 대하여 이송하면서 측정을 수행하면 버의 발생정도에 따라 전단면의 최저 및 최대높이 사이의 변화값을 측정할 수 있으며 이를 버 높이로 간주할 수 있다. 다수의 시험공에 대해 이 값들을 측정한 후 이를 평균화하면 편치와 다이 사이의 얼라인먼트 조절 방향과 양을 예측할 수 있다. 이를 근거로 편칭다이의 미세이송을 통해 얼라인먼트를 보정한 후 다시 시험가공을 시행하여 버 발생 특성을 측정하면 보정값의 정확도 여부를 판명할 수 있다.

3. 편칭 및 버 측정결과

Fig. 6에서는 본 연구에서 사용된 편치와 다이의 형상을 보여주고 있다. 초기 연구 과정에서 편치 경

