

소재의 정밀 Loading/unloading 기술 개발

최현석^{**}, 탁태열⁺, 한창수^{**}, 이낙규⁺⁺⁺, 최태훈⁺⁺⁺, 이혜진⁺⁺⁺

Study of High Precision Mechanism For Loading/Unloading of Material

Hyeun-Seok Choi*, Tae-Yul Tak⁺, Chang-Soo Han, Nak-Kyu Lee, Tae-Hoon Choi, Hye-Jin Lee

Abstract

In microfactory, loading/unloading mechanism supply the row material to processing machines for manufacturing process such as pressing, cutting, plastic deformation. This mechanism for microfactory is designed as modularity robot. Microfactory system have to be flexible structure for variety product item. For system flexibility, applied mechanisms are developed as modularity. Robot modularity needs the specific charecteristics which are different from one of macro, typical robot system. In this paper, we discussed about the modularity robot. and proposed the loading/unloading mechanism for working in microfactory system.

Key Words : microfactory, robot modularity, PZT actuator, serial type manipulator, loading/unloading mechanism

1. 서론

마이크로 팩토리(micro factory)는 미세부품의 가공과 조립을 위한 소형화된 공장을 의미한다. 최근 국내에서 수행되고 있는 연구과제로 마이크로 팩토리 개발사업이 있다. 향후 초정밀, 고부가 가치 제품의 개발을 위한 가공 및 제조 기술로서 그 의미가 있다고 하겠다. 이러한 시스템에서는 다양한 기능의 메커니즘이 요구되고 있다. 예를 들면 절삭가공부, 소성가공장치, 재료 및 가공품의 이동을 위한 메커니즘, 조립 장치, 등등의 일반적 공정장비들이 소형화된 형태의 모듈이 필요하다.

일반적인 소성가공기의 loading/unloading 장치는 이미 오랜 연구를 통해 구현하는데 있어 어려움이 없다. 마이크로팩토리를 위한 장치는

일반적인 공정시스템에서 요구되지 않았던 성격이 필요하므로 연구가 필요하다.

소성가공중 프레스(press) 가공에서 가공 금형에 가공될 재료를 정확한 위치에 공급하는 장치가 필요하다. 마이크로팩토리에서는 금형이 작고 상하부 금형간의 간극이 매우 가까우므로 특별한 장치의 개발이 필요하다.

프레스 가공에서는 띠형태의 재료를 사용하여 연속적으로 가공하거나 단일 가공품별 개별화된 재료를 사용한다. 이 두가지 경우에 대해 각각의 재료를 공급을 위한 메커니즘의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 소성가공기에 개별화된 원재료를 공급하고 소성가공중 중간단계의 가공물을 다음 소성 가공으로 이동 시키기 위한 메커니즘을 연구하였다. 금형에 정밀하게 재료를 공급하기 위해 높은 정밀도를 가지며 최소의 체적을 가지기 위한 구동메커니즘을 제

* 주저자. 한양대학교 정밀기계공학과 대학원(brown@ihanyang.ac.kr)

주소: 425-791 경기도 안산시 상록구 사1동

++ 한양대학교 기계공학과

+++ 한국생산기술연구원

안 하였다. 그리고 마이크로 팩토리에서 요구되는 메커니즘의 특성을 분석하고 요구 사양을 정의하였다.

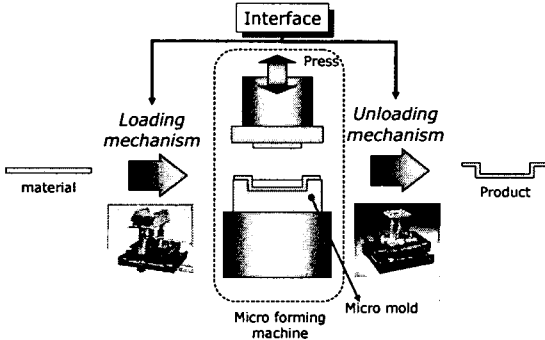


Fig. 1. Loading/unloading mechanism

2. 마이크로 팩토리를 위한 메커니즘 설계

만약 우리가 마이크로팩토리를 위한 모듈(Module) 형태의 메커니즘을 구현하고자 한다면, 각각의 모듈들에 대한 목적을 명확히 정의하여야 한다. 마이크로팩토리를 소프트웨어 부분과 하드웨어 부분으로 나누어 보면 소프트웨어적인 것에는 모듈의 결합, 작동, 그리고 모니터링이나 제어를 위한 피드백에 대한 프로그램들이 있으며, 하드웨어적인 것에는 모듈 연결 기구와 구동기 그리고 센서들이 있다.

마이크로팩토리를 설계하는데 있어 가장 어려운 부분은 높은 신뢰성이 요구되는 연결 부분이다. 연결 및 접속기구는 마이크로팩토리의 본체와 각 모듈들의 동력이나 신호전달을 위한 배선등을 동시에 연결할 수 있는 성능을 가져야 한다. 우리가 제작할 마이크로팩토리는 모듈방식으로 제작되며 각각의 기능을 하는 모듈 및 본체에는 데이터 및 신호 처리를 위한 네트워크 장치가 필요할 것이다.

각 작업 모듈의 작업용 구동기들은 마이크로 팩토리 시스템에 장착되고, 분리되는 것을 고려해서 제작되어야 하며, 각각의 구성 모듈에서 소요되는 에너지 소비량이나 각각의 작업에 적합한 모듈과 모듈내의 작업공구 크기 등이 잘 고려되어야 한다. 각 모듈의 센서 장치들은 각각의 모듈이 마이크로 팩토리 시스템에 장착될 때 직접 구성 모듈과 서로 연결되어 장착되는 것이 아니라 작업에 필요한 일정한 간격을

두고 장착이 되기 때문에 시스템과 구성요소간의 인식, 모듈간의 정렬, 그리고 시스템의 재조합에 중요한 역할을 하게 된다.

각 요소 모듈의 신호 전송을 위한 시스템은 모듈들의 동작을 위한 모듈간의 협업에 관련된 정보들을 주고 받게 된다. 이러한 마이크로팩토리내의 정보전달은 마이크로 팩토리 시스템의 메인 제어기에 의해 전체적인 과정이 제어 된다. 각각의 모듈들은 모듈 내에 장착된 모듈용 제어기에 의해 각각의 정해진 작업들을 하게 된다. 부수적으로 각각의 모듈에는 RAM, ROM, Communication Interface, 그리고 I/O Port들도 필요하게 된다.

마이크로 팩토리를 위한 모듈의 하드웨어적 요소는 전원 공급과 같은 동력 전달 메커니즘이다. 마이크로팩토리의 모든 요소 모듈 및 제어기들은 마이크로 팩토리의 동력전달체제로부터 에너지를 전달받게 되며, 구성 모듈 그 자체에는 에너지를 저장하는 전지나 외부의 전원 소스로 직접 연결되는 부분은 없다. 단, 실험적으로 모듈을 동작하기 위해서 구성 모듈의 구동을 위한 회로와 전원장치가 구성된다.

이런 하드웨어 요소들을 구동할 소프트웨어적 요소는 마이크로 팩토리 및 각각의 구성 모듈에 탑재되어 각각이 장착될 때의 시스템 구성이나 센서들로부터 입력된 정보들의 처리, 각각의 모듈 및 마이크로 팩토리 내의 다른 모듈간의 데이터 교환을 담당하게 된다. 어떤 부분에 문제가 생겼을 시 문제가 되는 부위 및 해결방법 등을 제시하게 된다.

3. Loading/Unloading Mechanism

프레스 가공기에 재료를 공급하고 취출하여 다음 프레스 공정으로 이동시키기 위한 메커니즘의 마이크로 팩토리의 모듈로서의 요구 사항은 서론에서 말한바와 같이 다음의 3가지 조건이 있다. 첫째로, 마이크로 팩토리는 소형화된 공장의 형태이므로 각각의 구성요소들로 소형화 되어야 한다. 두 번째는 각각의 요소들이 유기적인 결합을 할 수 있도록 규격화된 연결 구조를 가지고 있어야 한다. 마지막은 독립적인 구동기를 가지고 있어야 하며 독립적인 제어가 이루어지고 마이크로 팩토리의 중앙 제어장치에서 명령만을 받아 수행되어야 한다. 많은 구성요소를 하나의 제어기에서 효율적으로 제어가 되지 못하므로 제어 알고리즘을 수행할 개발적인 제

여기가 필요하다.

메커니즘은 그림2와 같이 프레스 기기에서 3부분의 작업을 담당해야 한다. 재료를 공급하는 단계와 금형내에서 중간 가공물들을 금형내에서 취출하고 다음 공정 금형내로 이동시키는 작업이다. 그리고 마지막으로 공정 가공물의 최종 제품을 다음 가공 모듈로 이동시키기 위해 프레스 기기 외부로 취출하는 작업을 수행한다.

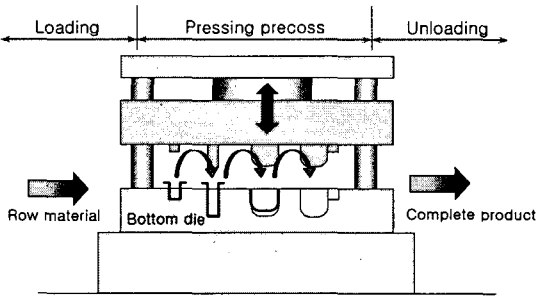


Fig.2 Task process analysis

각 작업 단계의 작업 특성을 분석은 메커니즘의 구조와 사양을 결정하는 중요한 요소이다. 작업 특성에 대한 분석은 다음과 같다.

Step.1 : Loading

원재료의 공급. 원재료를 파지하기 위한 파지 기구가 필요하며 금형의 index hole이나 pin에 재료를 위치 시키기 위해 신뢰성 있는 정밀도가 필요하다.

Step.2 : Pressing process

재료에 대한 프레스 가공이 이루어지는 단계. 가공물을 파지 다음 금형위치로 이동시키는 작업을 수행한다. 좁은 금형간 사이에서 동작할 수 있도록 메커니즘의 크기를 결정해야한다. 금형내에서 가공품을 취출하기 위해서 일정하고 이상의 힘을 구현할 수 있어야한다. 깊은 홀 가공의 경우 가공 후 가공물은 금형에 끼워져 있어 취출하는데 비교적 높은 수준의 힘이 필요하다. 큰 토크가 적용되므로 구조물의 변형에 대한 대책과 설계가 필요하다.

Step.3 : Unloading

완성된 가공물은 복잡한 모양을 가지고 있을수 있다. 그러므로 다양하고 복잡한 가공물에 대해 쉽게 적용 할수 있는 파지 기구가 요구된다. 비교적 낮은 정밀도에서도 작업이 가능하다. 완제품을 받기 다음 단계의 구성 모듈에 의해 구성이 결정된다. 높은 생산효율을 위해 고속의 동작이 요구된다.

본 연구에서는 위의 작업을 위해 모듈형태의 매니플레이터 메커니즘을 개발하였다. 메커니즘은 구동기, 구동기 회로,

기계적 메커니즘으로 구성되면 모니터링을 위한 센서를 포함하고 있다.

3.1 Mechanism 구성

Loading/Unloading mechanism은 구동력을 만드는 구동기와 구동기의 전력변환을 위한 구동기 드라이버, 파지를 위한 gripper, 기계적인 링크와 같은 기계메커니즘, 제어기, 인터페이스 기구, 제어를 위한 소프트웨어가 필요하다. 메커니즘은 마이크로 팩토리에 적용하기 용이하도록 모듈화로 설계하였다. 그림3은 메커니즘의 개발을 위한 연구분야이다.

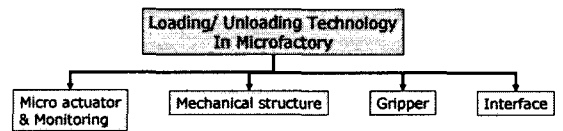


Fig.3 Loading/unloading mechanism

3.2 모듈형 메커니즘의 특성

모듈방식의 메커니즘은 두 가지 장점을 가지게 된다. 첫 번째는 각각의 모듈화된 메커니즘은 기능에 따라 조금씩 틀리겠지만 전체적인 구조는 같기 때문에 어떤 모듈에 문제가 생겼을 때 다른 모듈에 약간의 수정 및 개조를 통하여 기능을 계속 할 수 있다는 점이며, 두 번째 장점은 비슷한 모듈을 사용하기 때문에 시스템 전체적으로 설계를 단순화시킬 수 있어 시스템에 문제가 생겼을 때 쉽게 원인을 찾을 수 있다는 점이다. 모듈들 간의 기능은 부분적으로 임무에 맞는 파트의 장착과 프로그램으로 전환될 수 있으며 이런 프로그램과 모듈간의 데이터 전송은 마이크로 팩토리에 장착되어 있는 Port들 사이의 회로망을 통하여 해결되게 된다.

4. 구동 메커니즘 개발

일반적인 메커니즘의 구동장치로 전기 모터를 가장 흔하게 사용하고 있다. 이러한 전기구동모터는 작은 부피가 필요한 경우 한계가 있으며 부피가 작을 경우 감속을 위한 기어 박스의 설계가 어려우며 강성도 함께 낮아져 오차가 크게 발생할 수 있다. 소형 구동기의 개발을 위해 다양한 연구가 있다. 가장 많은 적용 사례가 있는 것은 PZT로서 높은 강성과 힘을 가지고 있다. 그러나 PZT의 경우는 부피에 비해 작은

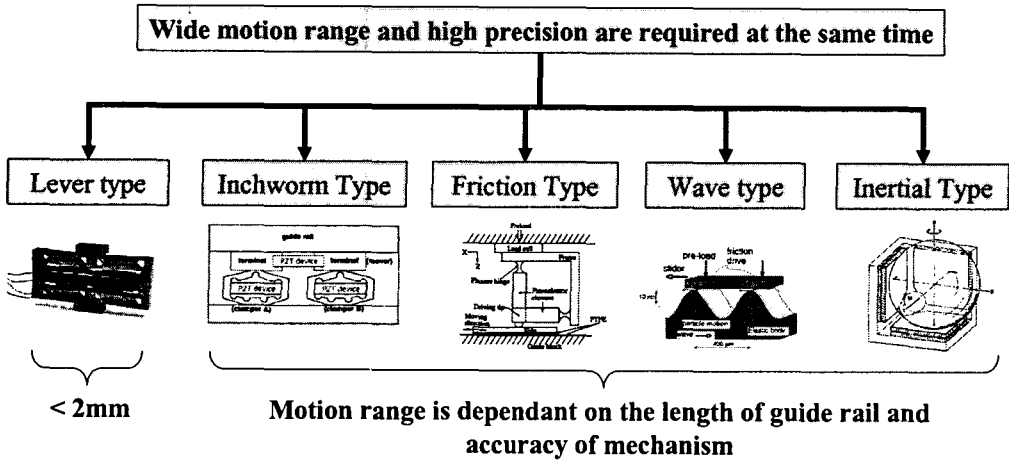


Fig.4 High precision actuator mechanisms using PZT

운동 범위를 가지고 있어서 큰 운동 범위가 필요한 경우 레버 구조나 인치웜 방식등을 이용하여 운동 범위의 확대를 구현하고 있다. 여러 가지 예는 다음 그림4와 같다. 이러한 여러가지 구동 방법 중 wave형을 사용하였으며 초음파 모터로도 불리운다.이 구조가 간단하고 적절한 토크를 얻을 수 있어 메커니즘에서 이용되었다. 다음 그림 5는 구동기의 구동 원리를 나타낸다 2개의 PZT에 sin과 cos신호를 입력함으로써 원이나 타원 운동을 구현하고 회전체에 힘을 전달하는 방식이다.

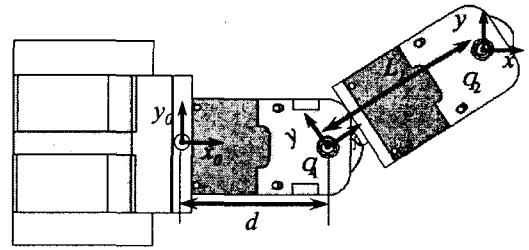


Fig.6 RR-Type mechanism

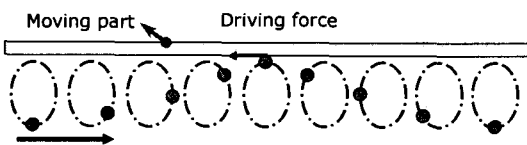


Fig. 5 Ultrasonic motor principle

$$\begin{cases} x = x_0 + d + L_1 \cos q_1 + L_e \cos q_2 \\ y = y_0 + L_1 \sin q_1 + L_e \sin q_2 \\ z = z_0 \end{cases} \quad (1)$$

위의 그림 7에서 두 모듈간의 연결부분을 그림 6과 같이 90도 회전시킨 형태의 구성도 가능하다.

5. 메커니즘 구현

메커니즘은 직렬 형태로 회전기구로 구성된다. 회전운동을 하는 구동 모듈을 연속적으로 연결함으로써 원하는 운동 조건을 구현하였다. 그림 6은 구현된 메커니즘의 좌표와 구성 형태이다. 두개의 모듈을 연결하는 연결부품의 선택에 따라 운동 범위를 변경할 수 있다. 식(1)과 (2)는 각각의 형태에 따른 end-effector의 위치를 나타낸다.

$$\begin{cases} x = x_0 + d + L_1 \cos q_1 + L_e \cos q_1 \cos q_2 \\ y = y_0 + L_1 \sin q_1 + L_e \cos q_2 \sin q_1 \\ z = z_0 + L_e \sin q_2 \end{cases} \quad (2)$$

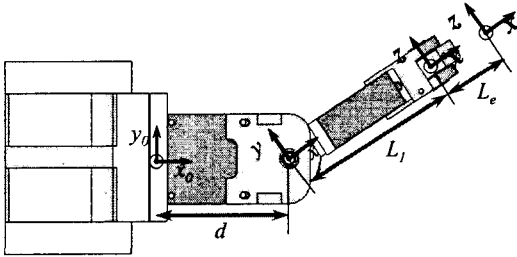


Fig.7 RR-Type mechanism

중단부에는 파지를 위한 기구가 부착되도록 되어 있다. 외부 크기는 폭 45mm이며 길이는 55mm이다. 두께는 20mm로 좁은 금형 사이를 지나갈수 있도록 하였다. 더 좁은 금형구간은 중단부의 파지기구를 설계에서 대응 할 수 있도록 하였다.

6. 결론

마이크로팩토리를 위한 매커니즘의 개발을 위해 모듈형 매커니즘의 필요성을 고찰하였다. 모듈형태의 마이크로팩토리 구성요소는 시스템의 유연성과 기능성을 만족시킬 수 있다. 본 연구에서는 직렬 형태의 loading/unloading 매커니즘을 위해 회전 모듈을 개발하였으며 회전 모듈을 이용하며 2 자유도의 매커니즘을 제안하였다.

후 기

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

참 고 문 헌

- (1) Kitahara, T. and Ishikawa, Y. 1998, "Microfactory", *Society of Automotive Engineerings of Japan*, Vol. 52, No. 4, pp. 55~56.
- (2) N. Kawahara, T. Suto, T. Hirano, Y. Ishikawa, N. Ooyama and T. Ataka, 1997, "Microfactory; new applications of micromachine technology

to the manufacture of small products", *Microsystem technology : sensors, actuators, systems integration*, Vol. 3, No. 2, pp.37~41

- (3) E. Kussul, T. Baidyk, L. Ruiz-Huerta, A. Caballero-Ruiz, G. Velasco and L. Kasatkina, 2002, "Development of micromachine tool prototypes for microfactories", *Journal of micromechanics and microengineering*, Vol. 12, No. 6, pp. 795~812
- (4) Y. Okazaki, N. Mishima and K. Ashida, 2004, "Microfactory-Concept, History and Developments", *Journal of manufacturing science and engineering*, Vol. 126, No. 4, pp. 837~844
- (5) Kitahara, T., Ashida, K., Tanaka, M., Ishikawa, Y., Oyama, N., and Nakazawa, Y., 1998, "Microfactory and Microlathe", *Proc. of International Workshop on Microfactories*, pp. 1~8.
- (6) Ashida, K., Mishima, N., Maekawa, H., Tanikawa, T., Kaneko, K., and Tanaka, M., 2000, "Development of desktop machining Microfactory", *Proc. J-USA Symposium on Flexible Automation*, pp. 175~178.
- (7) Ogawa, H., 2000, "Indispensable Technologies for Microassembly", *Proc. 2nd International Workshop on Microfactories*, pp. 103~106.
- (8) Okazaki, Y., and Kitahara, T., 2000, "NC microlathe to machine micro-parts", *Proc. 2000 ASPE Annual Meeting*, pp. 575~578.
- (9) Okazaki, Y., Mori, T., and Morita, N., 2001, "Desk-top NC milling machine with 200 krpm spindle", *Proc. 2001 ASPE Annual Meeting*, pp. 192~195.
- (10) Kurita, T., Watanabe, S., and Hattori, M., 2001, "Development of Hybrid Micro Machine Tool", *Proc. Second International Symposium on Environment Conscious Design and Inverse Manufacturing*, pp. 797~802.