

小物 Feeding을 위한 專用 自動化 기기의 開發

장종훈* 김재열** 홍석주***

A study on development and control of a Automatic Feeding system

Jang Jong_hun* Kim Jea_yeal** Hong Suk_ju***

* 조선대학교 대학원 정밀기계공학과

** ***조선대학교 공과대학 기계공학부

Abstract

In this study, about Automatic Loader and Unloader system which can directly be used for material handling and tool operating is moving linear transfer system for mainly forming of small electronic unit and other at press line. This system for loading and unloading a workpiece has been installed in a press in order to load and unload a workpiece from a press die.

Control method be used Programmable logic control(PLC) unit. other Control equipment of system is Motor drive, Positioning Control and so on. It took data of input from each sensor and send signal of output to actuator by sequence program.

We try to Characteristics test of this system has good condition when operating by laser measurement

제 I 장. 서 론

1.1. 연구배경

현대 생산 산업의 형태는 단종 대량 생산체재에서 다품종 소량 생산체재로 변화하고 있으며 그 결과 생산 기기의 형태도 이와 같은 추세에 따라 다품종 물품을 생산하기에 적합한 형태로

변화되고 있다. 특히 제품생산에 있어서 프레스 기기와 같은 금형 생산기계부문에서는 오래 전부터 적용된 자동화와 더불어 이러한 형태의 다 품종,소량 생산이 질실히 요구되고 있는 추세이다

공장자동화, 무인화의 요구에 부응하여 수많은 기업들이 시설투자를 하는 과정에서 프레스 공정의 자동화는 가장 중요하고 기초적인 공정임에도 불구하고 현재 중·소형 프레스 라인에서의 금형품의 적재 및 추출공정 등은 모두 수 작업으로 진행되고 있으며 이로 인한 작업효율성의 저하, 3D기피현상으로 인한 노동력부재 및 인건비 상승 그리고 산업재해 발생률이 높다는 점등 때문에 작업자 및 경영자 모두에게 큰 피해를 주고 있는 것이 사실이다.

외국은 물론 우리나라에서 자동화 기술의 진보로 이 같은 애로작업을 대신할 수 있는 시스템이 많이 개발되어 왔으며 많은 분야에서 사용되고 있다. 예를 들어 공장의 천정 크레인의 형식을 빌려 운용되는 반송시스템이 있으며, 컨베이어상에서 직접 작업물을 작업구간으로 삽입하는 방법 등 여러 방법이 시도 혹은 적용되어지고 있다. 하지만 여기서 우리가 간과해서는 안될 문제점이 있게된다. 첫 번째로 현재 상용화된 자동화 기술을 응용하기엔 아직도 많은 비용이 든다는 점이다. 대기업을 위시한 일부 큰 기업에 한해서 사용되고 있는 것 또한 사실이다. 앞서 말한바와 같이 프레스 생산업체들은 중소기업인 경우가 많은 관계로 자동화 기기를 설치하기 위한 비용을 대기란 무척 어려울 것이다. 자금이 빈약한 중소기업체로써 단기적인 면에서 많은 자금이 들어가는

공장자동화에 선뜻 나서기가 쉽지만은 않을 것이기 때문이다.

두 번째는 중소기업에 편중되어 있는 프레스작업이기에 작업공간의 여유가 그리 많지가 않다는 점이다. 특히 소형물의 프레스작업 시에는 적절한 자동화 기구가 그 필요성에도 불구하고 개발이 미비하다고 할 수 있으며, 중·소형작업물의 변화에도 맞출 수 있는 가변적인 시스템이 필요하다 할 수 있다.

그 밖에도 산재해 있는 여러가지 문제점들을 해결하기 위해서 본 연구에서는 기존의 Unloader와 loader기기를 더욱 단순화하여 그 두 작업을 일련의 작업동선에서 동시에 이루어질수록 하였고, 기기 단가를 낮추면서도 정밀도나 속도 면에서 뒤지지 않는 중·소형자동화 시스템의 하나인 소형 프레스 Unloader 및 Loader 자동화 시스템을 개발하여, 생산시스템 분야에서 물품제조의 경비를 절감하고 소비자의 다양한 요구를 만족시키는 다품종 소량 생산 체제로의 전환을 위하여, 본 논문에서는 산업현장에서 직접 활용 가능한 자재취급(Material Handling) 및 기구교환(Tool Changing)용 프레스 급형 전용 자동화 시스템을 개발하고자 한다.

1.2. 연구목적 및 방법

프레스 소형물 Feeding 전용 Unloader와 Loader자동화 시스템은 공장의 공정자동화와 연계된 생산자동화, FMS, CIM등을 구축하는데 필요한 기술 중에 하나이다. 특히 중·소형 자동화 운영시스템의 구축에 있어서 그 첫 번째가 되는 자동화 시스템이다. 따라서 본 자동화 기기를 효율적으로 운영하기 위해서는 자동창고와 같은 다른 여러 자동화 운영기술과의 접목을 통해서 그 성능이 배가 될 것이다.

본 연구에서 개발될 기기는 작업공간을 최대한 이용 공간의 효율성을 높이기 위해 프레스 기기의 뒷부분에 장착하였으며 Unloading과 Loading 작업이 동시에 동일 작업선상에서 이루어지게 하여 작업시간 및 작업효율성을 극대화 하고자 하며, 작업물을 Unloading 및 Loading 해줄 진공흡착핸드는 흡착기가 좌우 및 앞뒤로의 변화가 가능해 일반적인 급형의 형태는 물론 다양한 형태의 작업 물에도 적용이 가능한 범용의 Unloader

와 Loader를 개발하고자 한다.

먼저, 작업물의 좌우이송은 서보모터를 이용 제어토록 하였으며, 여기에 정밀도를 높이고자 모터 전용 위치 결정 컨트롤러를 상위 제어부와 모터드라이브 사이에 두었다.

작업물의 흡착을 위한 상하운동은 공압실린더의 스트로크를 이용하여 제작하였다. 전체적인 제어는 최상위 부에 PLC(Programable Logic Controller)를 두어 액츄에이터로부터 나오는 데이터를 각각의 엔코더와 리드스위치 및 근접스위치 등으로부터 입력받아 미리 설정된 프로그램의 시퀀스제어에 의해 각각 서보드라이브를 통한 서보모터의 구동으로 좌우직선위치 및 속도를 제어하였고 전자밸브를 통한 공압 실린더의 작동으로 상하직선위치 제어하였다. 또한, 전자밸브와 진공이젝터를 이용 진공 흡착기에 진공을 주어 작업물의 흡탈착을 가능하도록 하였다.

따라서, 본 연구에서는 제작된 기기 설계의 유효성과 수평축과 수직 축 각각의 정 위치 안착을 위한 제어와 및 효율성 검증을 위해 Unloader와 Loader 자동화 시스템의 실제 제어위치 및 속도 등을 레이저 측정장비 및 측정 소프트웨어를 이용 실험하고자 하며, 본 기기의 모터 피드백신호를 데이터측정기를 사용 제어상태에 대한 특성 시험을 통해 시스템의 안정성 및 최적조건을 평가해 보고자 한다.

II. 시스템의 동적 해석

2.1. 수평축 동적 모델

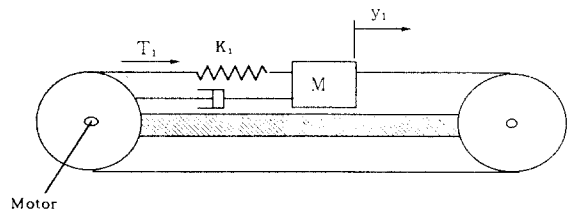


Fig. 1 Dynamic modeling

$$M\dot{v} + Cv + Kx = f_a(t) \quad (1)$$

상태변수 방정식은 여기서, $\dot{x} = \frac{dv}{dt}$

$$\left(\dot{v} = \frac{1}{M} [-Kx - Cv + f_a(t)] \right) \quad (2)$$

출력에 대한 상태방정식은

$$\text{스프링 장력 } f_k = Kx \quad 3)$$

질량속도 = v

$$\text{질량의 가속도 } M_a = \frac{1}{M}[-Kx - v + f_a(t)]$$

상태방정식 $\begin{matrix} X = Ax + Bu \\ Y = Cx + Du \end{matrix}$ 를 행렬로 표현하면

$$u = [f_a(t)], \quad y = \begin{bmatrix} f \\ v \\ M_a \end{bmatrix}, \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ v_1 \end{bmatrix} \quad 4)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{v}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{K}{M} & -\frac{C}{M} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ v \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{M} \end{bmatrix} f_a(t) \quad 5)$$

$$\begin{bmatrix} f \\ v \\ M_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K & 0 \\ 0 & 1 \\ -\frac{K}{M} & -\frac{C}{M} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ v \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{M} \end{bmatrix} f_a(t) \quad 6)$$

2.2. 수직 축 동적 모델

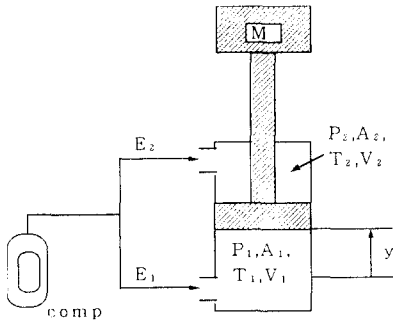


Fig. 2. Motion of Pneumatic Cylinder Modeling

그림의 아랫단은 압축공기(5kgf)의 공급을 표시하고 압축공기의 배출을 윗단에 나타내었다. 아랫단에 밸브를 통하여 유입되는 유량을 E_1 , 윗단에 밸브로 배출되는 유량을 E_2 라 하고, 실린더 내의 온도와 압력 각각 T, P 로 실린더 내 체적을 V 로 나타내었으며, 피스톤의 유효단면적과 작동 변위를 각각 A, y 로 하였다

우선, 실린더의 체적에 관한 식은 아래와 같다.

$$V_1 = V_{1i} + A_1 y \quad 7)$$

$$V_2 = V_{2i} + A_2 y \quad 8)$$

여기서, y : 실린더 로더의 위치

V_1, V_2 : 부피

A_1, A_2 : 단면적

V_{1i}, V_{2i} : 실린더 내실의 초기 부피

Partially polytropic model을 이용하여 실린더 내실의 압력변화를 유추하였다.

$$P = \frac{n}{V} \{ R(T_1 \cdot E_1 - T_2 \cdot E_2) - P \cdot V \} \quad 9)$$

여기서, P : 실린더 내실의 압력

n : 폴리트로픽 지수

V : 실린더 내실의 부피

T_1, T_2 : 공급부 내실과 배출부의 내실 온도

E_1, E_2 : 실린더에 공급, 배출되는 공기의 질량 유량

위의 그림에서 피스톤의 로드와 실린더내면과의 마찰력을 대시포트로 간주한다면, 로드가 움직이지 않을 때는 힘을 전달하지 않지만 로드가 속도 v [cm/s]로 변위를 일으킨다면, 변위방향과 반대 방향의 v 에 비례하는 감쇠력을 물체에 영향력을 준다. 실린더로더와 연결된 물체의 운동을 Newton 제2법칙에 준하여 표시하면, 물체의 속도는 변위의 미분과 같고 가속도는 속도의 미분과 같으므로

$$v = \frac{dy}{dt} \quad 10)$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} \quad 11)$$

로 나타내며, 공압실린더의 운동방정식은 다음과 같이 유도된다.

$$(P_1 - P_2)A - f \frac{dy}{dt} = M \frac{d^2y}{dt^2} \quad 12)$$

$$M \frac{d^2y}{dt^2} + f \frac{dy}{dt} = (P_1 - P_a)A_1 - (P_2 - P_a)A_2 \quad 13)$$

여기서, M : 피스톤로드 및 물체의 부하 총질량
 f : 실린더의 로더와 실린더내벽의 마찰력

P_1, P_2 : 실린더내실의 각각의 압력

A_1, A_2 : 로더의 단면적

III. 시스템의 설계

생산라인에서 프레스 작업물의 장착 및 반송을 위해서 사용되는 하드웨어적인 시스템들을 크게 세가지 구동 부분으로 설정하였다.

구성부품을 아래의 표에 나타내었다.

Table 1. Part of Unloader/Loader system

Organization Part		Name of Model
Press Part	Press	10(TON)
Motor Part	LM Guide 및 Block	HSR 20 R
	Timing belt	20×5
	PROFILE	30×60
	Pully	∅63.4×25
	MOTOR	AC SERVO
Pneumatic Part	AIR CYLINDER	TCBA2L 50-45
	AIR COMBINATION	TAC4000
	SOLENOID VALVE	TVF5120
Vucum Part	SOLENOID VALVE	TVF301
	Vucum pad	KPTS 15
	적동식 3포트 VALVE	ZH10B

IV. 제어 시스템 구성

제어시스템의 구성에 있어서 최상위 제어부를 PLC로 설정하고 센서에서 입력되는 부분과 서보 모터와 공압실린더 그리고 진공이젝터를 구동시키는 출력부로 나뉘어서 구성하도록 하였다.

4.1 입력부

프레스 Feeding 자동화기기의 조작을 효율적으로 제어하고 숙련된 정보기능을 부여하기 위하여 센서(sensor)사용이 꼭 필요하다. 센서는 고정밀도 및 고 신뢰도를 요구하는 위치결정과 경로 정보 등의 제어도 가능하게 한다.

4.2 출력부

시스템의 제어를 위해서 PLC 및 위치전용컨트롤러를 이용 각종 부착센서로부터의 입력 값과 모터드라이브와 공압실린더용, 진공용 전자밸브의 출력 값을 통괄 처리한다.

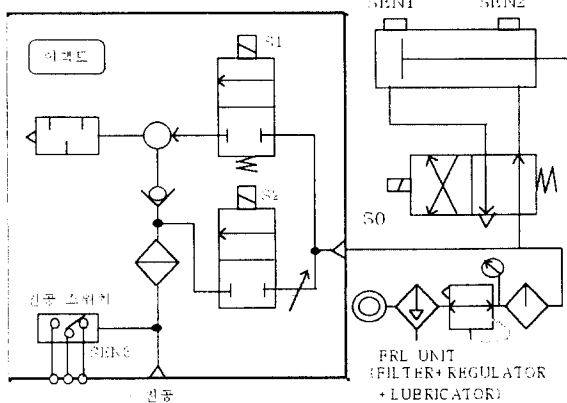


Fig. 3 Circuit of Vacuum and Pneumatic

4.3 제어부

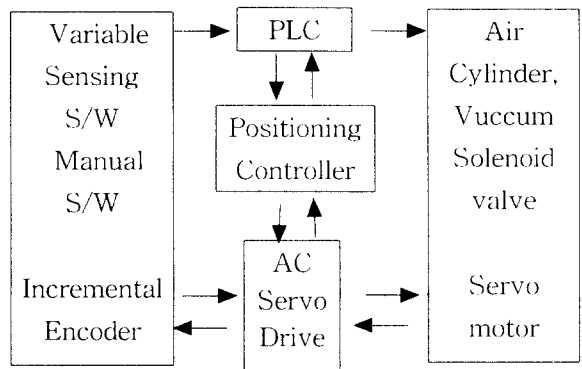


Fig. 4. System Lay out

다음은 프레스 Unloader & Loader 자동화 시스템 전체 동작순서에 관해 간략하게 나타내었다.

Table 2. Sequence of system I/O

순서	INPUT	OUTPUT
①	원점SW	실린더 UP
②	자기SW (上)	원점복기(모터구동)
③	위치신호지점 1	서보모터구동(CCW)
④	자기SW(下)	모터정지
⑤	근접SW(有)	실린더DOWN,진공설정
⑥	자기SW (上)	에어실린더 UP
⑦	위치신호지점 2	모터구동(CW)
⑧	자기SW(下)	모터정지
⑨	근접SW(無)	실린더DOWN,진공해제
⑩	자기SW(上)	실린더 UP
⑪	위치신호기점 3	모터구동 (CCW)
⑫	원점SW	원점복기

IV. 실험방법 및 고찰

5.1 반복정밀도 측정 실험

5.1.1 실험장치의 구성

설계, 제작한 프레스 Feeding 자동화 시스템의 일반특성을 알아보기 위하여 시스템의 반복위치정밀도를 측정하여야 한다. 위치정밀도 측정장비는 최대 5mV용량의 RENISHAW사의 헤름네온 레이저를 이용하였다.

5.1.2 반복정밀도 측정실험 고찰

동작속도와 이송오차를 분석하여 최적동작속도를 25mm/sec으로 결정하였다. 본 논문에서 설계된 자동화 System은 약20회의 동작 후 원점보정을 하게되면 반복위치정밀도는 0.25mm 이내

에서 동작하게 된다.

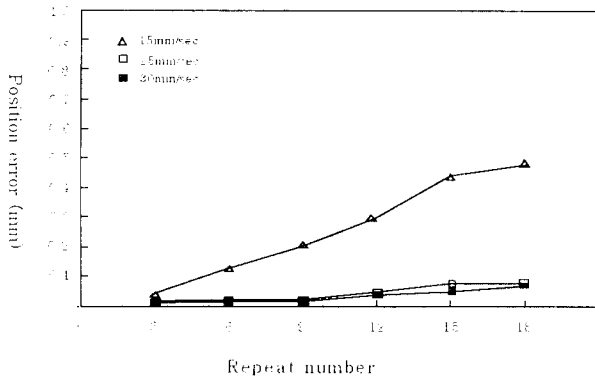


Fig. 5. Position error for a velocity

5.2 속도측정 실험

5.2.1 속도측정 실험 구성 및 방법

모터 축 인코더에서 출력되는 A/B상을 카운팅하여 목표 값까지의 속도와 시간을 계산할 수 있다.

5.2.2 속도측정 실험의 고찰

모든 시스템에서 입출력되는 시간을 측정해보면 다음과 같은 그래프를 보여준다.

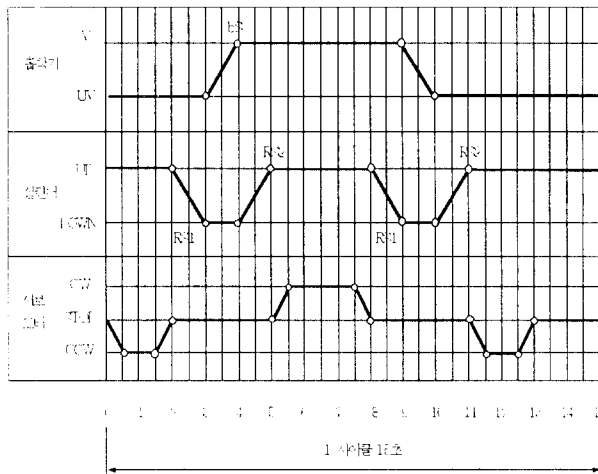


Fig. 6. Cycle time of Loader/Unloader system

VI. 결 론

1. 프레스 Feeding 자동화 시스템의 속도 측정을 통해 작업물이 2Kgf이내 일때 수평 직선부의 최적 동작 속도는 25mm/s로 결정하였고 수직 운동부에서는 100mm/s로 결정하였다.
2. 반복위치결정 실험에서 본 시스템의 위치 분해능은 0.01mm 이고, 부하하중 2Kgf이내에서 최적동작 속도로 실험하였을 경우 $\pm 0.25\text{mm}$

의 고정도의 반복위치정밀도를 얻을 수 있다.

3. 속도측정실험을 통해 측정된 시스템의 실제 1 Cycle time은 최적동작속도로 구동 시 15초가 소요된다.
4. 본 프레스 Feeding 자동화 시스템의 특성실험을 통해 PLC를 이용한 통합제어와 각 센서부와 구동 부간의 안정성이 입증되었다.
5. 앞으로 본 프레스 Feeding 자동화 시스템을 기존의 자동화 시설인 자동창고나 무인 운반기와 연계시켜나간다면 중·소산업체의 각종 자동화 설비는 물론 다중제어를 통한 중·소형 공장자동화 시스템에 응용될 수 있을 것으로 생각되어진다.

참 고 문 헌

1. Groover M. P. "Automation, Production Systems & Computer Integrated Manufacturing." Prentice Hall International, 1987
2. H.Asada, "Dynamic Analysis and Design of Robot Manipulators Using Inertia Ellipsoids." IEEE, 1984, pp48
3. Hiroyasu, Fanakubo, "Actuators for Control.", Gordon and Breach Science Publish, pp.148-158, 1991
4. 박승만 역, "PC 시퀀스제어활용" 성안당, 1995
5. Katsuhiko Ogata, "Modern Control Engineering" Prentice Hall International, 1997
6. Richard C. Dorf, "Modern Control Systems" Addison-Wesley, 1991
7. R. H. Park, "Two-Reaction Theory of Synchronous Machines-I," AIEE Trans., Vol.48, PP. 716-721, June 1920
8. 안재봉 저, "PLC 응용 기술 핸드북". 도서출판 기술, 1994
9. 자동화 기술편집부. "자동위치 정하기 도집" 기전연구소. p27-87. 1991
10. PANASONIC Co, "AC Servo drive MSD Series 취급설명서"
11. LG산전. "LG 프로그래머블 로직 컨트롤러 사용설명서"
13. 박봉진, "공기압의 실제" 도서출판 세진사, 1994