

이 논문은 1986년도 문교부 대학 부설연구소 지원 학술연구조성비에 의하여 연구 되었음.

자동차부품 용접자동화장치 개발 및
용접품질 개선에 관한 연구

김 교형*, 이 기설**, 이 택순***, 주 해호****

Development of Automatic Welding Machine and Weld-Quality
Improvement for Automobile Parts

Kyo-Hyoung Kim,* Ki-Sul Lee**, Taik-Soon Lee***, and Hae-Ho Joo****

Abstract

Low cost automatic welding machine is developed for the purpose of welding process automation of automobile parts with two dimensional welding joints. Developed gantry type machine is equipped with X, Y and roll axis stepping motors, and drive units are designed by two phase on drive scheme using shift registers. Control system is constructed by single board microcomputer of Z80A CPU, and also it is equipped with parallel input output ports and counter-timer chips.

Linear and circular interpolation of welding head movement is accomplished by employing software digital differential analyzers.

It has been shown that contour error of developed system is within ± 1.0 mm, meaning that the machine is suitable for CO₂ arc welding process of automobile parts and is expected it's application to industry.

* , * * 영남대학교 공과대학 기계공학과

* * * 영남대학교 공과대학 정밀기계공학과

* * * * 영남대학교 공과대학 기계설계학과

1. 서론

국내 산업계는 현재 생산제품의 품질 고급화, 생산성 및 국제 경쟁력 향상을 위하여 제품의 제조공정 자동화 및 성력화가 절실히 요구 되고 있다.

제품 생산을 위한 제조공정은 크게 가공 공정과 조립 공정으로 나뉘어진다.

가공공정은 수치제어 공작기계의 보급과 전용기계의 개발로 인하여 대부분 자동화가 이루어져 있으나 조립공정의 경우에는 자동화에 요구되는 기술 부족 및 고가의 시설투자 부담으로 인하여, 자동화 추진이 어려운 실정이다. 조립공정중 부품 삽입이나, 나사 체결과 같은 비영구 결합 공정은 현재 조립용 로봇을 이용하여 자동화를 실현하고 있으며 1. 2. 3), 또한 앞으로 국내 산업계에 많이 적용될 것으로 사료된다.

용접은 영구 결합 공정으로 공정수의 절약과 조립효율이 좋다는 장점으로 인하여 조립공정에 많이 이용되고 있다. 특히 용접은 접합부의 높은 강도 때문에 자동차 부품의 조립에 많이 쓰인다.

현재 국내에 산재하고 있는 자동차 부품업체는 중소기업의 범위를 벗어나지 못하고 있으며, 제품 생산은 대부분 수작업에 의존 하고있는 실정이다.

특히 부품 용접의 경우에는 상대적으로 다른 공정에 비해 자동화 장치 개발이 어렵기 때문에 거의 자동화가 이루어져 있지 못하며, 다른 제조공정은 자동화가 되었더라도, 용접공정만은 자동화가 되어 있지 못한 경우가 많다. 이와같이 용접공정의 자동화가 이루어져 있지 않은 가장 큰 이유중의 하나는 시판되고 있는 용접 로봇과 같은 자동 용접장치의 가격이 자동화하고자 하는 용접부의 용접 난이도에 비해 너무 비싸다는 것이다.

대부분의 자동차부품 용접은 2차원 용접으로 구성되어 있으며, 이경우 자동 용접 장치는 고가의 용접 로봇 대신, 평면 용접부를 트레이싱할 수 있는 구동장치로 용접공정을 손쉽게 자동화할 수 있다.

본 연구에서는 평면 용접부를 가진 자동차부품의 용접공정을 자동화함에 있어서, 고가의 용접 로

보트의 역할을 대신할 수 있는 저가의 전용 용접장치를 개발하고자 한다. 개발하고자 하는 장치는 모든 형상의 부품을 용접할 수 있도록, 직선 및 원호 보간 기능을 갖도록 하였다. 제어 시스템은 Z-80 싱글 보드 마이크로 컴퓨터로 구성하였으며, 모든 프로그램은 Z-80 기계어로 작성 하였다. 작성된 프로그램은 롬 기억장치(Read Only Memory)에 수록하여, 용접하고자 하는 부품이 변하면 쉽게 롬 기억장치를 교환하여 사용 할 수 있게 하였다.

2 기계구동장치

2.1 기본구조

용접 자동화 장치의 기본 구조는 2차원 부품 용접에 적합한 갠트리 형(Gantry Type)으로 하였으며, 그림 1과 같은 구조를 가진다. 그림에서 나타난 바와 같이, 용접 자동화 장치는 3개의 구동축을 가진다. X 및 Y 축은 용접 헤드부의 2차원 구동을 위하여 필요하며, 용접 헤드부에 장착된 축은 용접봉의 경사각을 조절하는데 사용된다. X 및 Y축 구동 메카니즘은 구동 장치의 형상과 경제성을 고려하여 랙-피니언(Rack and Pinion)과 타이밍 벨트 구동방식을 채택 하였다. 용접봉 경사각 조절은 모재의 조합 방식에 따른 용접 위치의 형상에 따라 모든

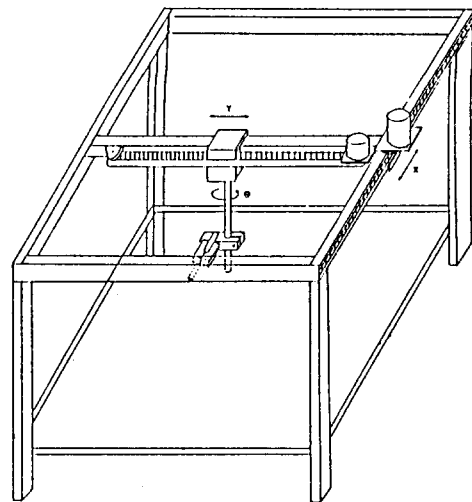


그림1. 기본 구조

용접이 가능하게 하는데 필요하다. 3개의 구동축은 스텝핑 모우터를 사용 하여 회전 하였으며, X 및 Y축 구동거리는 각각 800mm 및 800mm로 하여 거의 모든 자동화 부품에 사용 가능 하도록 하였다.

프레임은 구동장치의 형상과 경제성을 고려하여, 표준품인 규격 75×40의 홈형강을 사용하여 제작하였다. 용이한 조립을 위해서 프레임 연결은 보울트 체결로 하였으며, 모우터 구동시 흔들림 방지를 위해서, 다리 부분은 25×25규격의 등변 7형강으로 보강하였다.

2.2 구동장치 설계

2.2.1 X축 구동장치 및 모우터 선정

X축 구동은 용접봉을 세로 방향으로 구동시켜 주는 장치로, 구동 메카니즘은 확실한 동력 전달과 구조상의 복잡함을 피하기 위하여, 랙-피니언 구동 방식으로 설계하였다.

모우터는 CO2 아아크 용접 속도가 저속인 점과, 경제성을 고려하여 국내에서 쉽게 구할수 있는 스텝핑 모우터를 선정하여 사용 하였다. 국내에서 시판되고 있는 여러 제품중에서 신뢰도가 높고, 가격이 비교적 저렴한 일본 서어보 회사의 스텝핑모우터를 택하였다. 스텝핑 모우터는 정밀도가 높고, 높은 토크에서 아주 작은 스텝각을 얻을 수 있는 하이브리드형으로 선정하였다. 표 1은 X축 모우터의 사양을 나타낸다.

Model	KP8BM2-001	
Step Angle	o/step	1.8
Voltage	V	4.5
Current	A/phase	4
Resistance	Ω /phase	1.13
Inductance	mH/phase	7.5
Holding Torque	kg-cm	30
Detent Torque	g-cm	1800
Phase		4
Rotor Inertia	g-cm ²	1800
Weight	kg	3.5

표1. X축 모우터 사양

하이브리드형 스텝핑 모우터의 내부 구조에서 회전자에는 축방향으로 자화된 영구자석이 있고, 그 바깥쪽에 다수의 치(齒)를 각각 가진 철심 A,B가 있다. 철심 A는 N극, 철심 B는 S극으로 자화되며, 서로의 치는 반피치 어긋나 있다. 고정자 권선은 바이파일러 권선으로 구성되어 있으며, 권선의 모양은 8 슬롯의 고정자내에 2상 4극으로 배치되어 있으며, 각각의 상이 여자 되었을때 고정자 자극이 이동된다. 즉 1 펄스마다 고정자 여자는 정기적으로 45도씩 회전한다. 고정자 안둘레에는 48개의 치가 있고, 회전자 바깥 둘레에는 50개의 치가 있으므로 고정자의 치피치는 7.5도, 회전자 치피치는 7.2도가 된다. 고정자와 회전자의 치의 관계를 각 고정자극의 중심의치를 기준으로하면 극의 각도차는 (7.5도-7.2도)×6=1.8도이기 때문에 스텝각은 1.8도가 된다.

2.2.1.1 X축 자기동 주파수 및 구동 토크 계산

스텝핑 모우터는 단계적인 동작을 반복하면서 회전하므로, 관성부하의 크기에 따라 특성이 대폭적으로 바뀐다. 관성부하가 커지면 자기동 주파수(Start stop pulse rate)가 저하되고 자기동 영역(Start stop region)이 좁아진다. 자기동 주파수는 외부에서 모우터에 공급되는 펄스에 동기해서, 미스 스텝 없이 모우터를 기동, 정지 및 역전할수 있는 주파수를 나타내므로 이의 결정은 구동장치 설계에 있어서 중요하다. 일반적으로 관성부하가 커지면 자기동 주파수가 저하 하게되고 자기동 영역이 좁아진다. 관성부하에 대한 자기동 주파수의 최대치 변화는 다음식에 의해 근사적으로 구할 수 있다.

$$f = \frac{f_s}{\left[1 + \frac{J_L}{J_R}\right]^{1/2}} \dots\dots\dots(1)$$

여기에서, f_s = 모우터의 최대 자기동 주파수(pps)
 f = 관성부하가 있는 경우의 자기동 주파수의 최대치 (pps)
 J_R = 로우터의 관성 모우먼트(g-cm²)
 J_L = 부하의 관성 모우먼트(g-cm²)가 된다.

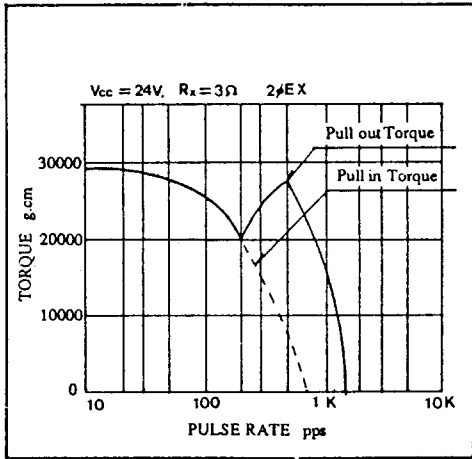


그림2. X축 모우터 주파수-토크 특성

그림2는 X축 모우터의 주파수-토크특성을 나타낸다. 그림에서 나타난 바와 같이, f_s 값은 1000 pps가 됨을 알 수 있다. 로우터 관성 모우먼트 값은 표1 에서와 같이 1800 g-cm²이 된다. X축 부하의 관성 모우먼트는 직선운동을 하는 물체의 관성 모우먼트와 같으므로 다음식에서 구한다.

$$J = W \left[\frac{a}{2\pi} \right]^2 \quad (g-cm^2) \quad \dots\dots\dots(2)$$

여기에서, W=직선운동하는 물체의 무게(g)
a=모우터 1 회전당 직선 이동 거리 (cm)가 된다.
식 (2)에의하여 X축 부하의 관성 모우먼트를 구하고, 이를 식 (1)에 대입하면 관성부하가 있는 경우의 자기동 주파수 값은 약 200 pps가 된다.

모우터 회전시 발생하는 부하 토크는 접성마찰 계수에 의한 토크 값을 무시하면 다음의 운동방정식에서 구할수있다.

$$T_M = J \frac{d^2 \theta}{dt^2} + T_f \quad \dots\dots\dots(3)$$

여기에서, T_M = 모우터 토크 (g-cm)
 J = 모우터 축에 대한 모든 관성 모우먼트의 합 (g-cm²)
 T_f = 마찰 토크 (g-cm)

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} = \text{각가속도 (rad/sec}^2) \text{가 된다.}$$

모우터 각속도와 구동 주파수와의 관계는 식 (4)와 같이 된다.

$$\omega = \pi/180 \times \theta_0 \times f \quad \dots\dots\dots(4)$$

구동 최대 가속도를 6.28 rad/sec²로 정하면 모우터 토크 T_M 은 14kg-cm정도가 되므로 X축 모우터 구동은 적합함을 알 수 있다.

2.2.1.2 피니언 및 랙의 강도계산

피니언과 랙 구동에서 피치선상에 작용하는 힘의 크기는 구동토크와 피니언의 피치원 직경에서 구하면 7Kg이 된다. 굽힘강도에 의한 피니언과 랙의 허용전달력은 식 (5)에서 구하여진다.

$$F = f_v \sigma b m y \quad \dots\dots\dots(5)$$

여기에서, f_v = 속도계수
 σ = 허용굽힘응력 (S45C-N에서 30kg/mm²)
 b = 치폭 (12mm)
 m = 모듈 (2mm)
 y = 치형계수 (0.1) 가 된다.

식 (5)에서 구한 피니언의 허용전달력은 90Kg이 되므로 굽힘강도에 의한 허용전달력은 충분하다. 치면의 마모 및 피팅등을 고려한 면압강도에 의한 허용전달력은 식 (6)에의해 구할 수 있다.

$$F = f_v k m b \frac{2 Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad \dots\dots\dots(6)$$

여기에서, k = 접촉응력계수 (0.053 kg/mm²)
 Z_1 = 피니언 치수 (200)
 Z_2 = 랙 치수 (128) 가 된다.

식 (6)에의해 구해진 면압강도에 의한 허용전달력은 45Kg이 되며, 이는 굽힘강도에 의한 허용 전달력보다 낮은 값을 가지나 피치선상의 작용력 보다는 훨씬 크므로 면압에 의한 강도 역시 충분하다.

2.2.2 Y축 구동장치 및 모우터 선정

Y축 구동은 용접봉을 가로 방향으로 구동시켜주

는 장치로, 구동 메카니즘은 X축 구동과는 달리, 타이밍 벨트 구동 방식을 사용하였다. 스텝핑 모터는 위치결정 및 동기운전을 목적으로 해서 사용되기 때문에, 벨트를 이용한 구동기구를 사용할 때에는 범용 V벨트를 사용한 비동기 전달 기구는 사용할 수가 없다. 동기전달 구동용 벨트로서는 타이밍 벨트라는 것이 있는데, 이는 보통의 벨트에 이(齒)가 붙어 있어서 이것에 의하여 벨트의 슬립을 방지하고 동기전달을 가능하게 한다. 타이밍 벨트의 특징으로는 체인이나 기어구동에 비교해서 소음이 작고, 작은 지름을 가진 풀리의 사용도 가능하기 때문에 좁은 공간에서 사용할 수 있는 잇점이 있다.

Y축 모터는 X축과 같이 하이브리드형으로 바이파일러 권선을 가진 스텝핑 모터를 택하였으며, 로우터 관성의 크기는 230 g-cm²가 된다. 그림3은 Y축 모터의 주파수-토크 특성을 나타내며, 그림에서 나타난 바와 같이 Y축 모터의 최대자기동 주파수 값은 1000 pps가 된다. 그리고 식 (1)과 (2)에서 구한 관성부하가 있는 경우의 자기동 주파수 값은 약 200 pps가 된다. 식 (4)와 (5)에서 구한 구동 토크 값은 4 Kg-cm가 되며 이는 Y축 구동에 적합하다.

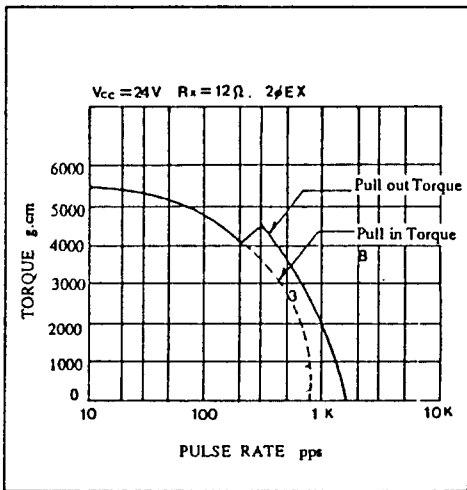


그림3. Y축 모터 주파수-토크 특성

Y축 구동장치로 사용된 타이밍 벨트와 풀리는 국내에서 구매가 가능한 표준품을 선정하여 사용 하였

다. 그림 4는 설계하고자 하는 타이밍 벨트와 풀리를 나타낸다.

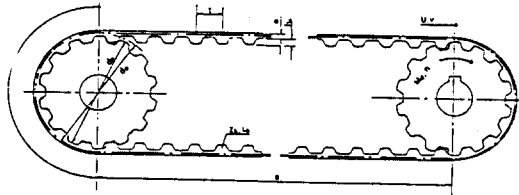


그림4. 타이밍 벨트와 풀리

타이밍 벨트 설계에 필요한 조건은 아래와 같다.

- 1) 모터 구동 토크 $T_M = 4 \text{ kg-cm}$
- 2) 모터 회전수 $n = 60 \text{ rpm}$
- 3) 풀리 직경 $d_p = 28.65 \text{ mm}$
- 4) 회전비 $i = 1$

벨트 피치 t 는 5mm 로 그리고, 풀리 이수는 설치 공간을 고려하여 18개로 하였다. 이 경우 벨트 허용 전달 토크는 벨트 단위폭당 120 Kg-cm/cm 가 되므로, 벨트 선정은 벨트 구동의 안정성을 고려하여 20mm 벨트폭을 가진 규격품으로 하였다.

2.2.3 롤(Roll)축 구동장치 및 모터 선정

롤축은 용접봉이 X-Y축 구동에 의하여 용접부를 따라가면서, 항상 정해진 경사각을 유지하여 용접부 길이 방향에 직각이 되도록 회전시켜주는 축이다.

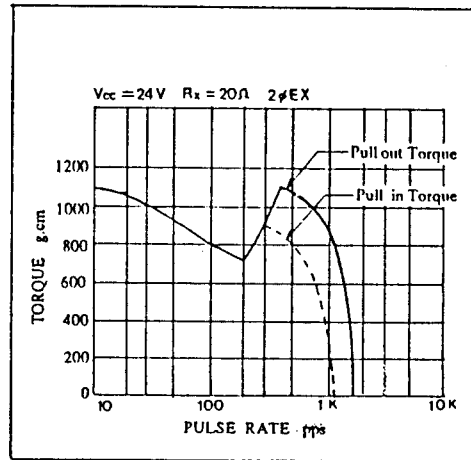


그림5. 롤축 모터 주파수-토크 특성

롤축 구동 모터도 X 및 Y축 모터와 마찬가지로 바이폴라리 권선을 가진 하이브리드형 스텝핑 모터를 사용 하였으며, 로우터 관성은 60g-cm²가 된다. 그림 5는 롤축 모터의 주파수-토크 특성을 나타낸다. 그림에서 나타난 바와 같이 최대 자기동 주파수는 1000pps가 된다. 롤축에 대한 회전 아암의 관성 모멘트는 1180g-cm²가 되므로, 과성부하가 있는 경우의 자기동 주파수는 식 (1)에 의해 220pps가 된다. 구동 토크는 식 (4)에 의해 0.4 Kg-cm 정도가 되므로 롤축 구동으로 충분하다.

3. 제어장치

본 용접 자동화 장치에서 가장 중요한 부분은 앞에서 언급한 기계 구동장치가 용접부 형상을 따라 움직일 수 있도록 제어 해주는 제어장치라고 할 수 있다. 제어장치는 콘트롤러, 모터 구동장치 및 모터로 구성된다. 콘트롤러는 모터 구동에 필요한 펄스를 발생시켜 모터 구동장치에 보내준다. 용접부 형상은 직선 및 곡선으로 이루어져 있으므로, 용접헤드가 용접부 형상을 트래이스 하기 위해서는 콘트롤러에서 직선 및 원호 보간을 수행하여, 필요한 펄스를 모터 구동장치에 보내 주어야 한다. 보간 과정은 소프트웨어 방식으로 수행 하였으며, 이를 위하여 콘트롤러는 싱글보드 마이크로 컴퓨터로 구성하였다. 또한 용접 자동화를 위해서는 용접물의 로딩, 고정, 및 언로딩작업 등의 자동화가 이루어져야 하므로, 이를 위하여 콘트롤러 내에서 입출력 기능을 동시에 수행 할 수 있도록 하였다.

스텝핑 모터를 구동하려면, 구동회로, 제어회로 및 직류전원이 필요하다. 제어회로는 스텝핑 모터를 어떻게 구동하는가를 지령하기 위한 신호를 보내는 회로이다. 구동회로는 제어회로에서 신호를 판독, 분배 및 증폭하며, 모터의 각 권선을 정해진 순서대로 여자하는 회로이다. 직류전원은 스텝핑 모터 구동용과 IC 회로용의 2종류가 필요하다.

3.1 구동회로

구동회로는 권선의 여자순서를 결정하는 논리회

로와 권선에 전류를 공급하는 전력제어회로로 구성 되어진다. 구동회로는 스텝핑 모터의 종류, 여자 방식, 구동방식 및 출력용량에 의해 분류된다. 본 장치에 사용된 모터는 모두 2상 모터로, 2상 모터에 있어서 여자방식은 1상, 2상, 및 1-2상 여자 방식이 있다. 본장치에서는 출력토크가 크고 댄핑 효과가 있으며, 넓은 주파수 범위에서 사용이 가능한 2상 여자 방식을 택하였다. 그림 6은 2상 여자 시퀀스를 나타낸다. 구동 방식은 권선에 흐

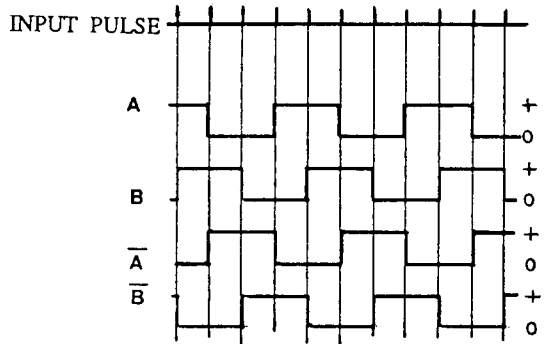


그림 6. 2상 여자 시퀀스

르는 전류의 방향이 변하는 바이폴라 구동으로 하였으며, 여자전류의 제어는 정전압 구동방식으로 하였다. 정전압 구동의 경우에는 모터 권선에 바깥불임 저항을 부가하여 정격전류를 제한 하게된다. 일반적으로 바깥불임 저항이 부가되면 회로의 시정수가 저하되기 때문에, 권선으로 흐르는 전류의 상승이 빨라져서 고속구동이 가능하다. 바깥불임 저항값을 크게하고 전원전압을 높게 할 수록 고속에서의 토크는 증가되지만, 저항에서의 소비전력이 커지기 때문에 전체로서는 효율이 나빠진다. 일반적으로 식 (7)에서 구한 n 값이 5 보다 작게되도록 바깥불임 저항값을 결정한다.

$$n = 1 + (R_o/R_m) \dots\dots\dots(7)$$

여기에서, R_o = 바깥불임 저항값(Ω)
R_m = 권선의 저항값(Ω)가 된다.

공급전압의 크기, 바깥불임 저항값 및 저항의 전력용량은 다음의 식들에서 구해진다.

$$V_m = n E_m \dots\dots\dots(8)$$

$$R_o = (n-1) E_m / I_m \dots\dots\dots(9)$$

$$W_{Ro} > 2(n-1) E_m I_m \dots\dots\dots(10)$$

여기에서, E_m = 모우터 정격전압(V)
 I_m = 모우터 1상당 정격전류(A)
 R_o = 바깥불임 저항(Ω)
 n = 식 (8)에서 정의된 정수
 W_{Ro} = 저항의 전력용량(W)가 된다.

모우터 구동시 권선에 전류를 ON/OFF할때, 커다란 서어지 전압으로 노이즈가 발생되어 제어회로에 나쁜 영향을 미친다. 이를 막기위하여 각 권선에는 저항과 다이오드로 서어지 전압 흡수 회로를 부가하였다. 이 서어지 흡수용 저항값은 식(11)에서 구한다.

$$R_F < (V_{CE0} - V_m) / I_m \dots\dots\dots(11)$$

여기에서, R_F = 서어지 흡수용 저항값(Ω)
 V_{CE0} = 출력 트랜지스터의 내압(V)가 된다.

3.1.1 2상 여자 구동회로 제작

권선을 여자하는 논리회로 구성은 여러가지 방법이 있으나, 본 장치에서는 4 비트 쌍방향 시프터 레지스터인 SN74194를 이용하여 구동회로를 구성하였다. SN74194는 병렬입력, 오른쪽 혹은 왼쪽 시프터 그리고 정지 기능을 갖고 있으며, 이는 2개의 모드 비트 So 및 S1의 값에 의하여 결정된다. 그림7

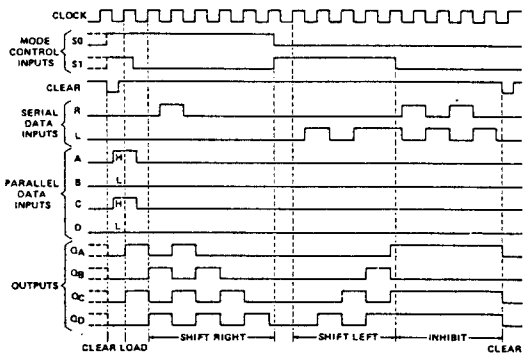


그림7. SN74194의 시퀀스 로직

은 사용 IC의 시퀀스 로직을 나타낸다. 그림에서 나타난 바와 같이, 병렬입력 A와 C가 "H"로 로드되면 So 및 S1의 값에 따라, 오른쪽이나 왼쪽(CW나 CCW)으로 출력 QA와 QC가 시프터한다. 이 경우는 2상 여자 구동에 해당된다.

그림8은 SN74194 IC를 이용하여 구성된 4상 스텝핑 모우터 구동회로를 나타낸다. 모우터 구동 신호는 펄스 신호와, 정 역전 두개의 신호를 필요로 하며 이는 제어회로에서 공급된다. 각상의 구동은 매우 큰 전류증폭율 hFE를 가지는 다링톤 트랜지스터를 사용하였다.

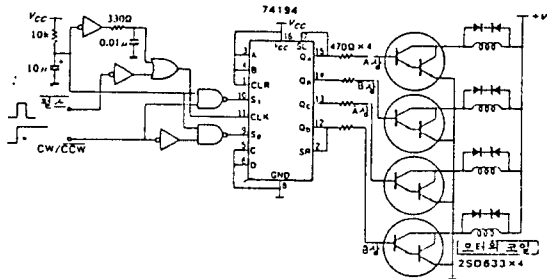


그림8. 시프터 레지스터를 이용한 2상 여자 구동 회로

3.2 제어회로 구성

디지털 액츄에이터인 스텝핑 모우터 구동에 적합한 회로는 디지털 회로로 구성된 마이크로 컴퓨터 시스템이라 할 수 있다. 본 용접 자동화 장치에서, 3개의 스텝핑 모우터 구동과 용접부품 고정 및 핸드링을 위한 주변장치 제어를 위한 모든 명령은 제어회로에서 주어지므로, 제어회로는 용접자동화 장치에서 가장 중요한 부분이라 할 수 있다. 본 장치에서 제어회로는 8 비트 마이크로프로세서, ROM 및 RAM, 입출력 포트 및 카운트로 이루어지는 마이크로 컴퓨터 시스템으로 구성 하였다.

마이크로 컴퓨터는 필요한 신호를 입출력 포트를 통하여 구동회로 및 주변 장치와 서로 주고 받는다.

3.2.1 마이크로 컴퓨터 시스템

마이크로 컴퓨터 시스템은 제어용으로 적합하고, 경제적인 Z80A CPU를 중심으로 하여 싱글보드 마

이코 컴퓨터 시스템으로 구성 하였다. 그림9는 싱글보드 마이크로 컴퓨터 시스템의 블록도를 나타낸다. 시스템은 그림에 나타난 바와 같이 Z80A CPU, 기억장치, 병렬 입출력 포트 및 카운트-타이머 소자로 구성하였다.

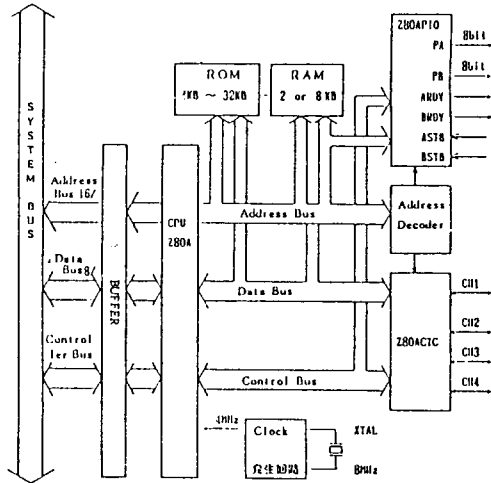


그림9. 싱글보드 마이크로컴퓨터 블록도

3. 2. 2 기억장치

기억장치는 RAM (Random access memory)과 ROM(Read only memory)으로 구성되며, RAM은

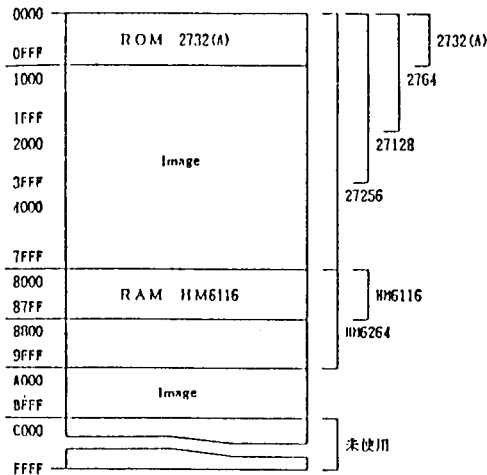


그림10. 기억장치 주소

8K 바이트 용량의 HM 6264 칩을 사용하였으며 ROM은 12K바이트 용의 EP-ROM 27128 칩을 사용하였다. 그림 10은 보드 내의 기억장치 주소를 나타낸다.

3. 2. 3 입출력 장치

입출력 장치는 3개의 스텝핑 모우터 구동과 주변장치 순차제어를 위하여 사용되며, Z80-PIO로 알려진 MOSTEK사의 MK3881 칩을 사용하였다. Z80-PIO는 Z80A CPU와 주변장치 사이에서 8비트의 병렬 신호를 주고 받은 인터페이스 소자로서 40핀의 패키지에 들어 있다. PIO는 각종의 동작모드를 프로그램 할 수 있는 8 비트의 입출력 포트를 2조 갖추고 있고, 또한 주변장치와의 동작확인용으로 RDY 및 STB 신호가 각 포트에 부착되어 있다. CPU와 PIO 간의 신호전달은 데이터 버스인 DO-D7을 사용하여 행한다.

3. 2. 4 카운트-타이머 소자

카운트-타이머 소자로는 Z80-CTC를 사용하였다. CTC소자는 후술하는 보간 프로그램 수행과 스텝핑 모우터의 정속구동을 위한 펄스 발생을 위하여 사용된다. CTC 소자는 카운트와 타이머의 두가지 기능을 가지며, 4개의 독립된 채널을 내장하고 있다. 카운트 모드로 작동하기 위해서는 먼저 시정수 레지스터에 FFH보다 작은값의 2진수를 로딩 시켜야한다. 시정수 값은 다운 카운터의 초기치가되며, 이 값은 외부 클럭 신호에 의해 하나씩 감소한다. 다운 카운터의 값이 00H가 되면 카운트 출력이 액티브 상태가 되고 이 신호는 CPU 인터럽트 신호로 작동되어 보간 프로그램을 수행하는데 사용된다.

타이머 모드에서는 CTC 출력은 펄스열로 나타나고, 출력 주파수는 시정수 레지스터와 스케일 레지스터 값으로 입력 클럭 주파수를 나누어준 값이 된다. 출력 주파수는 스텝핑 모우터 정속 구동에 사용된다.

4. 소프트웨어 보간

2축 구동에서 보간기능은 용접봉이 직선 및 원호로 이루어진 2차원 용접부를 트레이싱 하는데 필요한 기능이다. 제어회로에서 보간기능은 고정된 전

자회로에 의한 하드웨어 보간방식과, 컴퓨터 프로그램에 의해 수행하는 소프트웨어 방식이 있다. 재래의 축구동에서는 보간기능을 하드웨어 방식에 의존 하였으나, 컴퓨터 및 전자산업의 급속한 발전으로 인하여 근래에는 소프트웨어 방식을 많이 이용하는 추세에 있다. 본 연구에서는 보간기능은 제어 회로내의 마이크로 프로세서를 이용한 소프트웨어 방식으로 보간기능을 수행 하였다.

축구동 방식에는 펄스 발생 방식에 따라, 기준펄스방식 (Reference pulse type)과 샘플치 방식 (Sampled data type)으로 나누어진다. 기준펄스 방식은 제어 회로에서 축구동을 위해서 기준펄스 발생시키고, 이때 구동 위치는 발생한 펄스수의 합계로 나타나고, 속도는 펄스 주파수에 의해 결정된다. 기준펄스 방식에서 보간기능은 외부의 인터럽터 클럭에 의해 보간 루프가 실행되고, 이때 축구동을 위한 펄스가 출력 되므로 최대 속도는 보간 루프 프로그램의 실행시간에 반비례 하게된다. 그러나 샘플치 방식에 있어서, 최대 속도는 프로그램 실행시간과 관계가 없기 때문에 기준 펄스 방식보다 높은 속도를 얻을 수 있지만, 원호보간에서 윤곽 오차가 커지게 된다. 본 장치에서 제어 시스템은 기준펄스방식으로 설계 하였다.

기준펄스 방식에 적합한 소프트웨어 보간 알고리즘으로는 계수형 미분해석기 (Digital differential analyzers), 대수연산 (Stairs approximation) 및 최소 오차 경로 추적 (Direct search) 방식들이 있다. 용접에 있어서 용접 품질에 가장 큰 영향을 미치는 것은 용접 속도이다. 따라서 앞의 세가지 알고리즘 가운데서, 가장 속도의 균일성이 좋은 계수형 미분해석기 방식을 보간 알고리즘으로 택하였다. 그리고 용접부 경로는 직선과 원호 구간의 조합으로 이루어지므로 보간기능은 직선 및 원호 보간만 고려 하였다.

용접 자동화 장치 구동을 위한 제어 프로그램은 서비스, 이송을 보간, 직선 및 원호보간, 그리고 용접봉 회전 서브프로그램으로 구성된다. 그림 11은 제어프로그램의 유통 흐름도를 나타낸다. 프로그램은 Z80A 어셈블리 언어로 작성되었으며, EP-ROM에 내장되어 싱글보드 마이크로컴퓨터에서 사용된다.

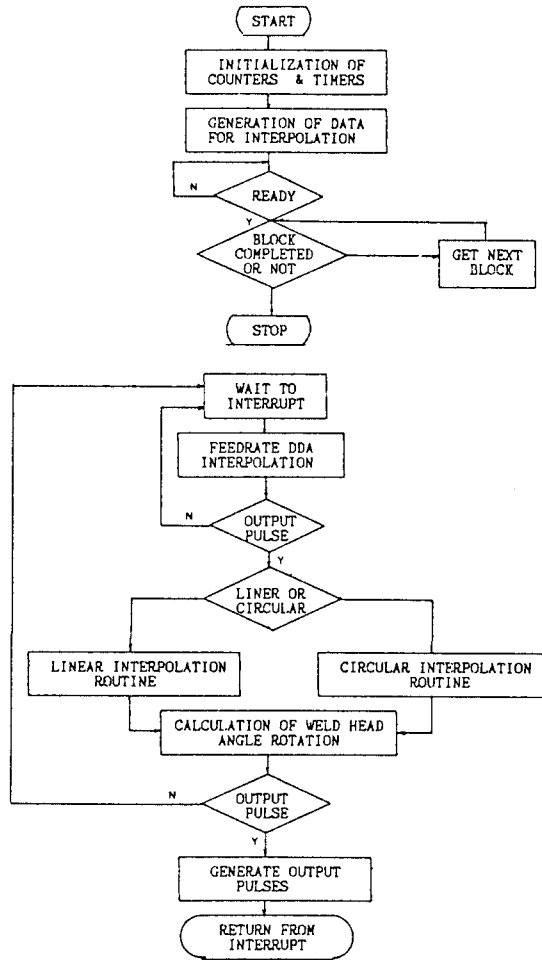


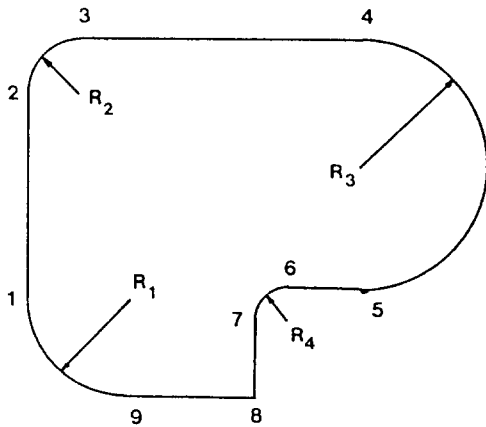
그림11. 제어프로그램 유통도

5. 자동화 장치 구동 및 고찰

본 장에서는 앞장에서 설계된 기계 및 제어 장치를 구동함으로써 용접자동화 장치의 성능을 시험하고자 한다. 용접 자동화장치의 성능은 용접하고자 하는 형상과 실제 장치가 발생시키는 형상과 어느 정도 일치하는 가에 달려있다. X축 최대속도는 120mm/sec 이고, Y축 최대속도는 90mm/sec가 되므로, 용접봉 구동속도는 Y축 속도를 기준으로 하여 이보다 작은 값으로 하였다. 실제 CO2 아아크 용접속도는 5mm/sec 정도가 적합하므로 보간 프로

그림은 5mm/sec 속도를 기준으로 인터럽트 펄스를 발생시켜 수행하였다. X축 및 Y축 BLU는 각각 0.628mm와 0.45mm가 된다. 그림 12는 전형적인 2차원 용접부품을 나타낸다.

주어진 시험편은 5개의 직선구간과, 4개의 원호구간으로 나누어지며, 9개의 테이터 블럭으로 마이크로컴퓨터에 입력된다. 구동결과 주어진 용접부품에서의 경로오차는 $\pm 1.0\text{mm}$ 이내가 되었다. 이는 X축 및 Y축의 BLU값을 고려할때 만족스러운 결과이다.



DATA POINT	X COORDINATE mm	Y COORDINATE mm
1	0	280
2	0	580
3	150	730
4	570	730
5	570	120
6	470	120
7	460	110
8	460	0
9	280	0

$R_1=280, R_2=150, R_3=360, R_4=10$

그림 12. 용접 부품 형상과 치수

6 결론

본 연구에서는 2 차원 용접부를 가진 자동차부품 용접을 위한 저가의 용접자동화 장치를 개발하였다.

개발된 장치는 갠트리타입으로 X 및 Y축 구동과 용접봉 회전을 위한 롤축으로 구성된다. 축구동은 스텝핑모터를 사용하였으며 구동회로는 시프터레지스터를 이용한 2상 여자방식으로 하였다. 제어회로는 Z80A CPU를 이용한 싱글보드 마이크로컴퓨터로 구성 하였으며, 주변 장치와의 신호전달을 위하여 병렬 입출력 포트와, 카운트-타이머 소자를 부가하였다. X 및 Y축에 의한 2차원 구동은 소프트웨어 미분해석기 보간 기법으로 하였으며, 직선 및 원호 보간 기능을 갖도록 하였다. 개발된 용접 자동화 장치는 직선 및 원호로 이루어진 2차원 용접 부품에 대해서 $\pm 1\text{mm}$ 의 윤곽오차를 나타내었으며, 이는 개발된 장치가 CO2 아아크 용접에 적합함을 나타낸다. 개발된 장치는 저가로 자동차 부품 생산 기업체에 응용될 것으로 기대된다.

參 考 文 獻

- (1) HEER, E., 1983, "Control of Robot Manipulators for Handling and Assembly in Space," Mechanism and Machine Theory, Vol, 18, pp. 23-35.
- (2) Takeyasu, K., Goto, T., and Inoyama, T., 1976, "Precision Insertion Control Robot and its Application," Journal of Engineering for Industry, Trans. of the ASME, pp. 1313-1318.
- (3) Nehvins, J. L. m and Whitney, D. E., 1974, "Exploratory Research in Industrial Modular Assembly-a Status Report," Proceedings of the 4th International Symposium on Industrial Robots, pp. 65-78.
- (4) 김교형, 정동영 및 김순철, 1989, "프레스용 TRANSFER ROBOT 개발", 삼성 중공업 주식회사 연구 보고서.
- (5) Koren, Y., 1979, "Design of Computer Control for Manufacturing Systems," Trans. ASME, J. of Engineering for Industry, Vol. 101.

- (6) Koren, Y., 1983, Computer Control of Manufacturing Systems, McGraw-Hill Book Company.
- (7) Kipiniak, W., and Quint, P., 1968, "Assembly vs. Compiler Languages," Control Eng. .
- (8) Plas, J., and Blommasert, J. 1972, "A Stepping Motor Drive Assembly Especially Designed for CNC Systems," 13th Int. M. T. D. R. Conference, Birmingham
- (9) 김교형, 1986, "마이크로컴퓨터를 이용한 온라인 점용접품질 감시체제 개발에 관한 연구, 대한기계학회 논문집, 제10권, 제2호, pp. 241-246.
- (10) Yada, T., Nakamura, U., and Tomidokoro, S., 1985, "Development of a Multipass Arc Welding Robot for Joining Heavy Plate," Welding Journal, Feb. pp. 51-55.
- (11) Malin, V., 1985, "Designers Guide to Effective Welding Automation-part I: Analysis of Welding Operations as Objects for Automation," Welding Journal, Nov., pp. 17-27.
- (12) 도서출판 세운 편집부역, 1985, 스텝핑모타의 활동기술.
- (13) 김교형, 이기철, 1988, "2축윤곽제어를 위한 소프트웨어 보간자 개발에 관한 연구" 대한기계학회 논문집, 제12권 제2호, PP389-396.