

# 토치 회전식 자동용접 시스템의 용접공정변수 최적선정

김재열\*, 오성민\*\*

## Optimum-selection in the Welding Process Variable for Torch-rotation Method of Automation Welding-machine System

Jae-Yeol Kim\*, Sung-Min Oh\*\*

### Abstract

The purpose of this welding process of the exclusive welding-machine using welding torch-rotation type is to develop a mechanism which can solve the problem of twisting of welding wires and cables. The technique was developed by revising the torch position and smooth controlling of both the normal and reverse rotation. Some of the advantages of using the torch-rotation type apply to the work-rotation technique are the practical uses of increased work space and link work with the factory automation system.

Do apply the welding process, I designed and made a special unit so called torch part in order to solve the problems of kinematical. And I made a control panel which can manipulate the progress of the entire process at the work shop. Even if it will be applied to another kind of axle casing's welding work, this process can be utilized if other sizes of the fixed pin and work part is produced and changed. The development of this exclusive welding-machine could reduce the manpower of skilled welding labor and increase productivity and better quality product in comparison to the handmade product.

Key Words : Flexible Manufacturing System(유연 생산 체계), Factory Automation(공장자동화), Exclusive Welding-machine System(전용 용접기계 시스템), Welding Process Variable(용접공정변수), Torch-rotation(토치회전)

### 1. 서 론

용접은 각종 소형 부품의 접합뿐만 아니라 전자 기기,

자동차, 건축, 조선 등 모든 산업 분야에서 필요한 가공기술이다. 그러나 최근 일손의 부족에 의한 노동환경의 변화로 용접기에 대한 소비자의 요구가 다양화되고 있다. 즉, 용접 자동화 및 용접 로봇화를 실현하여, 노동력 및 숙련인력의 부족을 고성능화된 용접기로 보상하도록 요구하고 있다. 최근에는 용접 자동화 라인과 조합하여 FMS

\* 조선대학교 정밀기계공학과 수송기계부품 공장자동화 연구센터  
\*\* 조선대학교 정밀기계공학과 대학원

(Flexible Manufacturing System)가 구성되고 있으며  
 (4) 자동 용접장치로서 고품질화, 고능률화에 대한 요구도  
 높아지고 있다.<sup>(8)</sup>

자동 골조(Auto frame) 및 동체조립(Body assembly),  
 금속계 가구의 조립 및 일용품, 그리고 정밀하게 동일한  
 절단 및 용접작업의 많은 반복 작업을 포함한 부분품 조  
 립 등은 로봇 조종으로서 가장 적합하다.<sup>(1)(7)</sup> 그러나 매  
 우 높은 수요율과 요구량을 갖은 제품은 고정 자동화를  
 통하여 경제적 타당성을 찾을 수 있다.<sup>(2)</sup> 단 품종 대량생  
 산을 하는 중·소기업에서는 범용성 있는 용접 로봇보다  
 는 용접 전용기기의 도입이 시설비와 생산성 그리고 시스  
 템의 운용 측면에서 유리하다.

토치 회전 방식을 이용한 상용차용 차축 케이싱의 너  
 트(Axle casing nut)부 자동 용접 시스템을 개발은 용  
 접을 위한 가스 와 전력 그리고 용접 와이어의 공급 문제  
 시 꼬임을 방지하며, 종래의 용접작업중의 수작업에 의한  
 반복 작업과 전문성의 요구 등 많은 문제점을 보완·개선  
 하여, 신속하고 정확하게 작업이 이루어지도록 하였다.  
 또한, 용접작업시 전압, 용접속도, 와이어 공급속도, 용접  
 시간 등의 제 인자(System parameter)를 변화하는 실  
 험을 통하여 최적 용접조건을 구하고, 토치 회전 및 위치  
 보정, 가스의 흐름 등 기타 제어계(Control system)의  
 구성을 실험에 의하여 보정하여 제작된 시스템의 성능을  
 검증하였다.

## 2. 전용 용접기 시스템 구성

### 2.1 토치부 (Torch part)

토치부의 주요 개발 내용은 토치의 회전 조건을 만족  
 시키기 위한, 전력과 탄산가스의 원활한 공급을 실현시키  
 는 메커니즘의 구성이다. 용접기 자체에 대한 절연성을  
 유지하면서 직류 정전압 특성(Direct current constant  
 voltage characteristic)을 잃지 않도록 해야 하며, 토치  
 회전에 따르는 용접 와이어와 탄산가스의 꼬임을 방지할  
 수 있도록 설계되어야 한다. Fig. 1은 토치부의 구성도이  
 다.

토치부는 직선운동 가이드(LM Guide) 및 블록(LM  
 Block - THK SR30SB)을 이용하여 공압 실린더에 연  
 결된 직선 운동부와 기어 및 베어링을 통해 모터에 연결  
 된 회전 운동부로 나눌 수 있다. 모터는 직선 운동부에

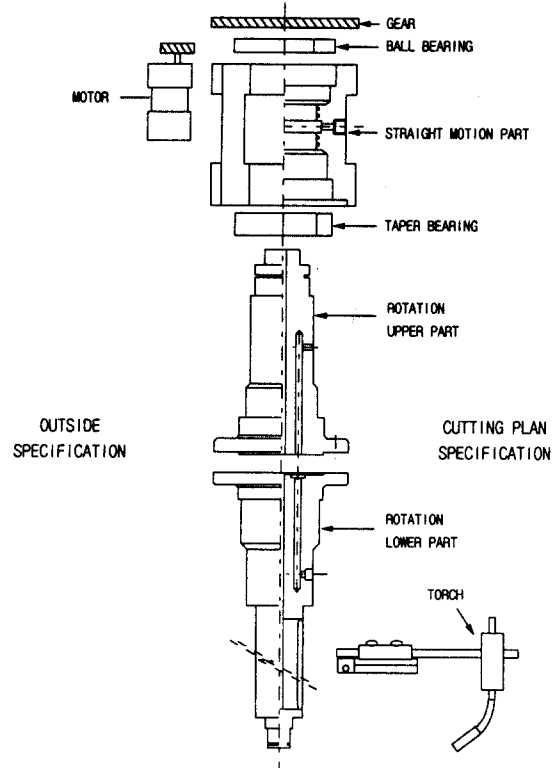


Fig. 1 Formation of the torch part

고정되어 있으며, 내부의 회전 운동부는 테이퍼 베어링  
 (Taper bearing)과 볼 베어링(Ball bearing)에 의해  
 연결되어 자유롭게 회전할 수 있다.

직선 운동부 우측에 있는 구멍을 통하여 탄산가스를  
 주입하면 내부의 회전 운동부로 들어가게 되고 또한, 토  
 치내에 공급된다. 전력은 회전 운동부에 황동제 링  
 (Ring)을 달고, 전류를 인가하여 토치에 공급하게되며,  
 용접 와이어는 회전 운동부 중심축내의 중공으로 공급되  
 어 용접하부 측면에서 토치에 공급된다.

#### 2.1.1 전력 공급

직류 역극성의 용접 특성을 만족시키기 위하여 전용  
 용접기의 모재측에 접지된 (-)전류를 접속하고, 용접 토  
 치에 안정된 DC(+)의 전류를 공급하여야 한다. 그러나  
 일반적인 전선을 이용한 전류를 공급할 때 용접 토치의  
 회전으로 인한 전류 공급부의 손상이나 전선의 꼬임 그리

고 접속불량등의 문제점등이 발생할 수 있고, 용접기 몸체에 전류가 인가되었을 때 안전사고의 위험이 크기에 이를 해결하는 방안이 필요하게 된다. Fig. 2는 전류 공급부의 메커니즘이다.

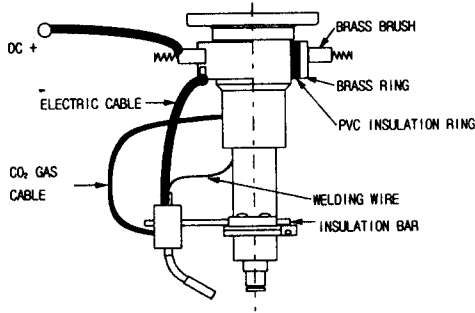


Fig. 2 Electric current supply part

전극의 연결은 회전하부에 부착된 황동제 링을 이용하며, PVC를 사용하여 기기 본체와 절연하게 된다. 황동제 링의 좌우에 스프링을 이용한 브러시(Brush)를 밀착시켜 회전에 따르는 전류의 공급을 원활히 하고, 링과 토치를 직접 연결하여 회전운동부와 함께 회전한다.

### 2.1.2 탄산가스 공급

차폐가스를 이용한 아크 용접은 작업물과 불활성 가스의 흐름을 공급하는 용접 토치 내부에 있는 소모 와이어 전극 사이에서 발생하는 직류 아크로부터 용접 에너지가 공급되는 원리를 이용한 것이다.<sup>(10)(12)</sup> 차폐 매질(Shielding medium)로서 탄산가스는 우수한 기계적 성질의 용착 용접속도가 예상되어지고, 그 흐름의 성질은 토치로부터 비 난류성 방식으로 나타나기 때문에 공기에 의한 오염을 방지하기 위해서 용접 구역을 효과적으로 청소할 수 있다. 따라서 회전하는 토치에 적절한 양(Capacity)의 탄산가스를 원활히 공급하여야 한다.

Fig. 1에서와 같이 토치부 중 직선운동부내에 삽입되는 부분을 회전상부, 그 외의 부분을 회전하부와 토치라 했을 때, 직선 운동부와 회전상부를 통과한 탄산가스는 회전하부 측면의 구멍으로 나와서 용접작업을 실시하는 토치로 흘러 들어가게 되며, 회전상·하부 사이에 가스누설은 없다.

직선운동부와 그 안에서 회전하는 회전상부 사이에 가

스누설을 막기 위해, 직선운동부 내의 가스 유입 구멍을 기준으로 2종의 씰(Seal : Quad-Ring®, Turcon® Roto Glyd Ring®)을 상하에 부착한다. 씰은 독일 Busak + Shamban에서 제작하고 국내의 한성상사가 공급하는 제품을 이용하였으며, 적용 모터 중 직접 테스트를 통하여 내구성과 밀착성이 뛰어나고, 자체 윤활성을 지니고 있어 윤활유의 유입이 불필요한 제품을 선정하였다.

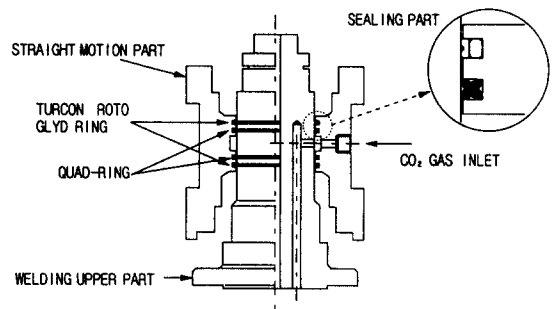


Fig. 3 Schematic diagram of CO2 gas inlet part and sealing part

### 2.1.3 용접 와이어 공급

와이어 공급은 정속도 송급방식(와이어 송급 속도를 한번 조정하면, 일정한 속도로 송급 되는 방식)이 사용된다. 본 연구에서는 용접 대상물에 따라 실험에 의한 결과치를 도입하여 용접 와이어 공급 속도를 결정하였다.<sup>(13)</sup>

와이어 공급부는 토치부의 위쪽에 위치하며 용접 상부와 직결되어 용접 작업시 같이 회전하게 되어 있다. 용접 와이어는 송급장치를 이용하여 공급되며, 용접 상·하부 내의 중공축에 절연 케이블을 삽입하고, 케이블의 와이어 도입부에 볼 베어링을 부착하여 토치부 회전에 의한 꼬임을 방지한다. 또한, 하부 측면에서 절연 케이블 내를 통과한 와이어를 토치에 공급한다.

와이어 공급에 적합한 모터는 YASKAWA EL., CO.의 프린트모터(Print motor)인 PMED-12-DA13을 사용하였으며, 기어비(Gear ratio)는 1/25, DC 18.5(V), 5.5(A)의 사양을 갖는다.

## 2.2 구동부

본 시스템의 구동부는 용접부의 상하 운동에 사용되는 직선운동과 용접 작업에 사용되는 회전운동을 위한 장치로

나뉘며, 그 외에 차광막의 개·폐를 위한 실린더 장치가 포함된다.

단일 축방향의 직선운동은 용접부 전체가 공압 실린더와 직선운동 블록을 이용하여 업·다운하는 방식이며, 동작 스트로크가 길지 않고 위치 결정 및 동기 운전을 목적으로 하기 때문에 구조상의 복잡함과 슬라이드의 슬립현상을 막기 위해 실린더 축에 직결하였다. 또한, 용접 토치 회전을 직접적으로 제어하기 위하여 직류 서보 모터에 감속 기어와 속도 조절기를 달아 용접부의 직선운동부에 설치하였으며, 동력의 전달은 기어를 사용하여 슬립현상을 막고 충분한 토크를 인가할 수 있었다.

2.2.1 실린더

실린더를 선택할 때에 제일 먼저 고려해야 할 것은 실린더에 요구되는 힘이다. 다음의 식에 힘과 압력과의 관계를 나타낸다.

$$F = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot P - R \tag{1}$$

여기서,

F : 유효 피스톤력 (kg), R : 마찰력 (kg)

P : 사용 압력 (bar), d : 피스톤 직경 (cm)

피스톤 로드가 허용할 수 있는 하중은 피스톤 로드의 직경과 행정 거리에 좌우되며, 다음 식은 피스톤 로드 가 견딜 수 있는 좌굴하중과의 관계를 나타낸다. 마운팅 방법은 전면 플랜지형을 택하였다.

$$Fk = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2 \cdot S} \tag{2}$$

여기서,

Fk : 좌굴하중 (kg) E : 탄성계수 (kg/cm<sup>2</sup>)

J : 관성모멘트 (cm<sup>4</sup>) l : 2 × 행정거리 (cm)

S : 안전율

2.2.2 직류 서보모터 ( DC Servo-motor )

용접부 회전에 사용된 직류 서보모터는 성신에서 제작된 SPG 시리즈 중 90(W)의 리드와이어형(Lead Wire type) 전자기 브레이크 모터를 이용하였으며, 용접부와의 연결은 기어를 이용하여 직결하였다. 용접 작업은 정회전과 역회전을 모두 사용하므로 속도 조절이 가능한 유닛형의 속도제어기를 이용하며, 실험에 의해 용접 품질을 확

인한 후 제어에 반영한다.

정격부하(Rated load)는 기어헤드(Gear head)와 조합한 경우의 허용 토크이며, 전용 용접기 회전부에 적용한 모터의 기어 비(Gear ratio)는 1/50 이고 허용 토크는 200(kg·cm)이다. 회전 방향은 모터의 회전 방향과 동일하다.

2.2.3 슬라이드 기구 ( Linear slide mechanism )

슬라이드 기구에 작용하는 굽힘응력이 이송부 재료의 허용응력 이하라도 처짐이 발생하여 허용처짐보다 커지면 이송테이블의 마찰 증가로 제어 시스템에 외란(External break)으로 작용하며, 궤적 오차, 진동 등의 원인이 되므로 엄격하게 제한을 두어야 한다.

LM 가이드의 사용 목적은 용접부 하강 및 상승시 궤적을 인도하고, 용접부의 자중에 의한 응력을 실린더 축으로부터 분배하여 실린더를 보호한다. Fig. 4에 계산시 개략도를 나타낸다.

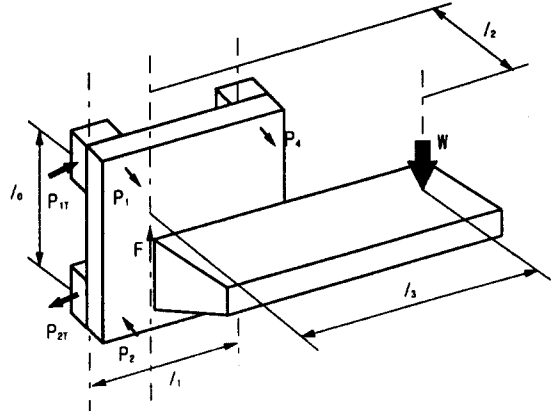


Fig. 4 Distribution chart of load in perpendicular wheel

수직 축 가이드의 등속 운동 또는 정지시 베어링 1개에 걸리는 하중 계산은 다음과 같다.

$$P_1 \sim P_4 = \frac{W}{2} \times \frac{l_2}{l_0} \tag{3}$$

$$P_{1T} \sim P_{4T} = \frac{W}{2} \times \frac{l_3}{l_0} \tag{4}$$

Table 1 Shaft working load of each direction on the SR type LM block

Item	Basic dynamic load rating	Basic static load rating
Radial	$C$ (SR30SB : 40)	$C_0$ (SR30SB : 40)
Lateral	$C_r = 0.55 C$	$C_{0r} = 0.43 C_0$
Reverse radial	$C_L = 0.61 C$	$C_{0L} = 0.5 C_0$

### 2.3 제어부

전용 용접기의 제어부에는 용접작업에 필요한 세부항목들을 제어하기 위한 장치가 포함된다. 제어를 위한 기기는 용접기, 모터 그리고 실린더이다. 또한, 자체 전원과 자동·수동 조절장치, 비상정지 스위치 및 유해광선으로부터 작업자를 보호하기 위한 차광막의 개·폐 장치를 포함한다. 용접기에서 사용되는 전원은 3상 AC 220(V)에 용접 및 크레이터 전류는 350(A)이다. 공장에서 사용할 때 사용자의 요구에 따라 용접전원을 승압 또는 감압한다. 정격 입력전압은 440(V)을 이용하며, 제어부 상단에 전원 스위치를 위치시켜 전원을 ON/OFF 할 수 있도록 한다.

전용 용접기계에 사용된 제어기는 (주) LG에서 제작된 STARCON MF50 시리즈중 표준형 기본 유닛인 FPB40R-A10이다.

### 2.4 몸체부 ( Body part )

몸체부는 전용 용접기의 구조물 부분이며 용접물을 장착하기 위한 장치를 포함한다. 몸체의 재질은 두께 5~15(mm)의 강판과 I형 빔(Beam) 그리고 연강이며, 부분별로 흑연처리 및 방청 도색이 되어 있다. 용접물을 고정하기 위한 편과 받침대는 다른 종류의 차축 케이싱을 용접하고자 할 때, 제작·교체함으로써 차축 케이싱 용접에 관한 한 범용성을 갖도록 설계되었다.

## 3. 실험

### 3.1 후미차축 너트부 (Rear axle casing nut part) 용접장치

설계, 제작한 전용 용접기의 일반적인 특성을 알아보기 위하여, 직선 운동 및 반복 회전 위치 정밀도와 제어부의

동작 등을 검사 실험하고 신뢰성을 입증하고자 한다.

제작된 용접 기계(Welding machine)의 특성은 다음과 같다.

(1) 자유로운 토치 거리 미세조정이 가능하다. 후미차축 너트부의 직경에 관계없이 여러 종류의 용접물에 응용할 수 있다.

(2) 케이블의 꼬임이 없는 토치 회전 방식이 구현되었다.

(3) 용접 작업의 수동 전환이 가능하다.

(4) 외부로부터의 제어가 가능하다.

이 장치의 작동 순서는 Fig. 5와 같다.

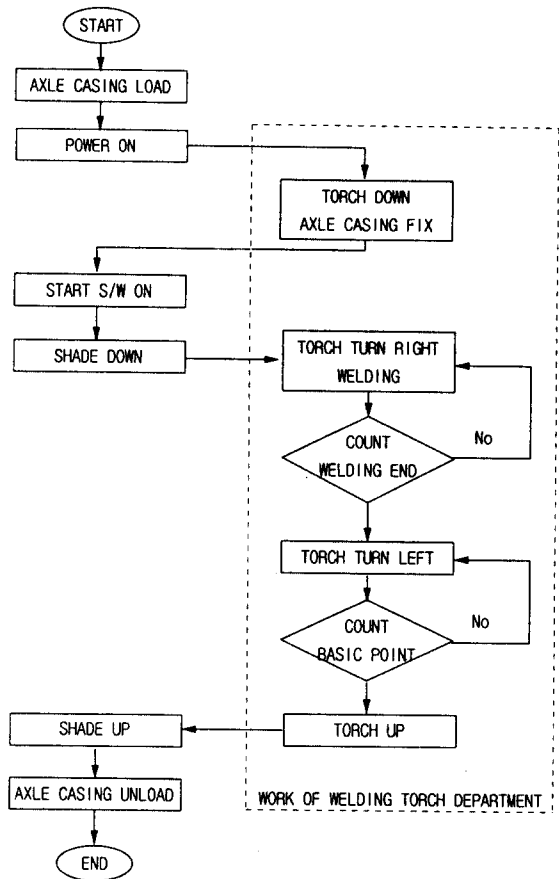


Fig. 5 Flow-chart about motion of welding machine

### 3.2 용접부의 불량율과 작업속도 측정 실험

#### 3.2.1 용접시간의 제한

전 생산 공정계획과 요구 생산량에 부합하도록 용접에 따르는 제한 사항은 다음과 같다.

- 기동 전압 : 440(V)
- Casing Cover : 90초 (20초) - 전 용접시간 (실 용접시간)
- Casing Only Lower : 120초 (25초)
- 용접 전압 : 30(V) 이하
- 용접 와이어 : 솔리드 와이어(Solid wire) -  $\phi 1.2$  (mm) (공차  $\pm 0.025$ mm)

#### 3.2.2 용접 조건

용접전류는 비드형상, 용입깊이, 작업성, 용접능률 및 용착 금속의 기계적 성질에 큰 영향을 미치므로 사용 목적에 따라 적절한 값을 설정하여야 한다. 용접 전류는 와이어 송급속도에 의해 결정되므로 와이어 송급 속도가 변화하면 이에 따라 용접 전류가 증감한다.<sup>(14)(15)</sup> Fig. 6에서와 같이 낮은 전류에서는 와이어 송급속도와 전류치는 거의 직선관계를 나타내나, 가는 지름의 와이어에 대전류를 흘리면 와이어 돌출부의 저항 발열로 인하여 와이어 송급속도는 급격히 증가한다.<sup>(13)</sup>

용접전류와 비드 폭 용입 깊이의 관계는 Fig. 7와 같이 용접전류의 증대에 따라 비드 폭, 용입 깊이도 함께 증가하는 경향이 있다. 용접 속도는 30(cm/min)을 적용했으며, 보호가스는 아르곤과 탄소가스를 20(l/min)으로 하였다.

아크 전압은 아크의 안정성·스패터 발생·비드 형상에 영향을 미치므로 적절한 값을 설정하여야 한다. 아크 전압이 낮을 경우에는 아크 길이가 짧게되어 용입이 깊고 비드폭이 좁은 볼록형의 비드 형상으로 되고, 아크 전압이 높을 때는 반대의 현상을 나타내게 되며 스패터 발생이 많고 산화가 심하다.

#### 3.2.3 실험방법

본 실험에서는 제작된 용접기계를 사용하여 차축 너트 부를 용접함에 있어서 용접조건, 즉, 용접속도, 용접 와이어 공급속도 및 사용전압의 최적조건 등 최적 사용범위를 다음과 같은 실험 방법으로 구하였다.

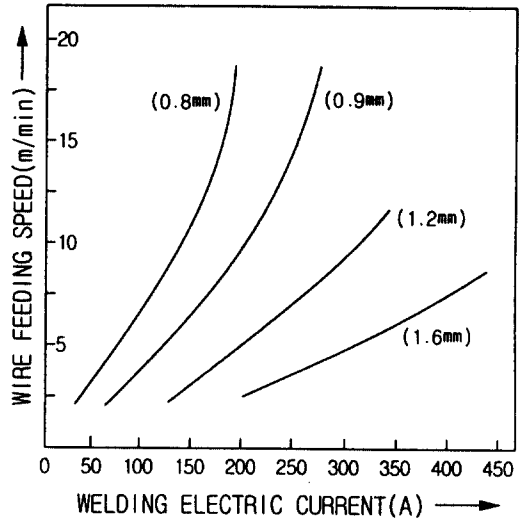


Fig. 6 Relation of wire feeding speed and welding electric current

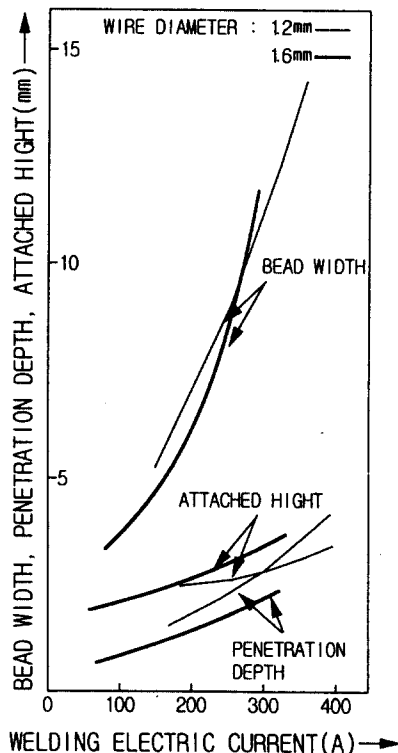


Fig. 7 Relation of welding electric current and bead form

최적조건 판별로는 기밀테스트와 인장시험을 거쳐 확인된 용접상태의 정도를 기준으로 합격제품을 적용한다. 전체 용접 전·후의 요구 시간은 커버(Cover)와 온리로워(Only Lower)의 경우 2분(용접시간 포함)을 적용하며, 용접기에 의해 용접하는 시간은 각각 20, 25초 이내로 한다. 따라서 이 조건을 용접 제한 조건으로 한다.

실제 시험에서는 용접 속도를 변화시키면서 와이어 공급속도와 사용전압 등을 측정하여, 이들 중 기밀 테스트를 거쳐 확인된 용접 상태를 추출하였다. 용접에 따르는 속도 조절은 40~60(cm/min)으로 변환시키고, 용접속도 간격은 5(cm/min)로 하였으며, 와이어 공급속도는 2~10(m/min), 사용전압은 20~33(V)으로 하였다.

3.2.4 용접 결합 방식

용접중 제어의 기능은 기본적으로 시한장치에 의해 제어된다. 즉, 토치 작동부터 제어기능이 완전히 멈추는 시점까지 용접전류와 전압을 순간적 또는 수초간에 고저(高低)의 변화를 주거나 와이어 송급속도와 가스 유출 시간을 조절하여 시작점과 크레이터부의 용접 결합을 방지한다. 용접 조건의 변경 및 크레이터 처리를 위한 회로도를 Fig. 8에 나타낸다. 또한 Fig. 9는 크레이터 처리일 때 용접조건이 시간에 따라 변화되는 것을 나타낸 것이다.

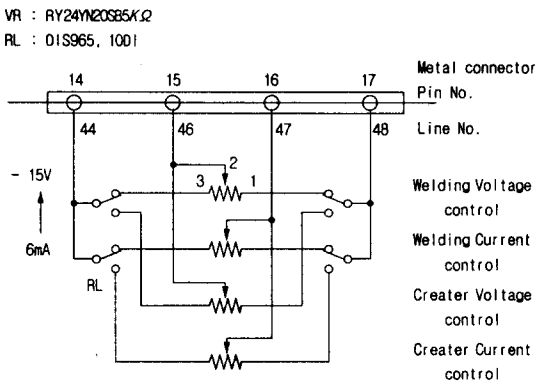


Fig. 8 Crater circuit

3.2.5 성능 테스트

결합 검사는 시각검사와 기밀 테스트로 나눌 수 있다. 시각검사는 일반 육안 검사로서 비드의 형상과 폭 등을 테스트하고, 추출 검사로서 용접부위를 절단하여, 단면상

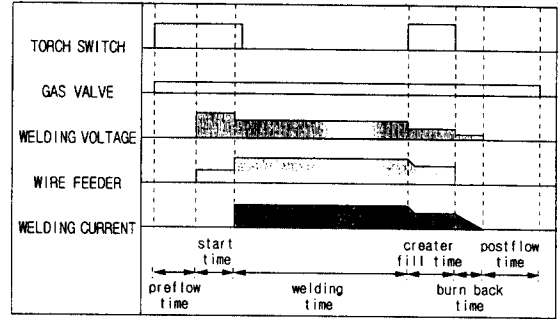


Fig. 9 The diagram of welding control

태 및 용입불량 그리고 기포발생 등을 확인한다. 기밀 테스트시의 사용 압력인 공압(Air Pressure)은 2(kg/cm<sup>2</sup>)이며, 소요되는 시간은 1대당 30초로 사용하였다.

4. 연구 결과 및 고찰

4.1 최적 용접 속도

앞에서와 같은 실험 방법을 통해서 다음과 같은 필릿 용접부에 대한 결과를 얻었다. Torch 끝이 회전하는 동안 궤적은 축의 중심으로부터 반경을 계산하여, 원 둘레 공식을 적용하여 구할 수 있다. 또한, 용접거리는 커버와 온리로워에서 일정한 너트의 둘레를 간단히 계산해 낼 수 있다.

원주율 공식을 적용한 용접 거리는 131.9(mm) + α(여유)가 된다.

실험에 의해 추출한 여유율은 5.5(mm)에서 가장 안정된 기밀성과 비드 형상을 보였다. 따라서 전체 용접 거리를 약 137.4(mm)라 했을 때 용접시간 제한에 따르는 최적 용접 속도는 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} \text{최적용접속도} &= \frac{\text{전체용접길이}}{15} = \frac{137.4 \times 60}{15 \times 10} \\ &= 54.96(\text{cm/min}) \end{aligned} \quad (5)$$

위 식에 의하여 구한 최적 용접 속도는 54.96(cm/min)과 41.22(cm/min)이며, 실험에 의한 값은 55(cm/min)와 40(cm/min)에서 용접된 비드의 형상 및 품질이 가장 뛰어난 값을 보였다. Fig. 10은 용접 속도와 용접 깊이의 관계를 나타낸다.

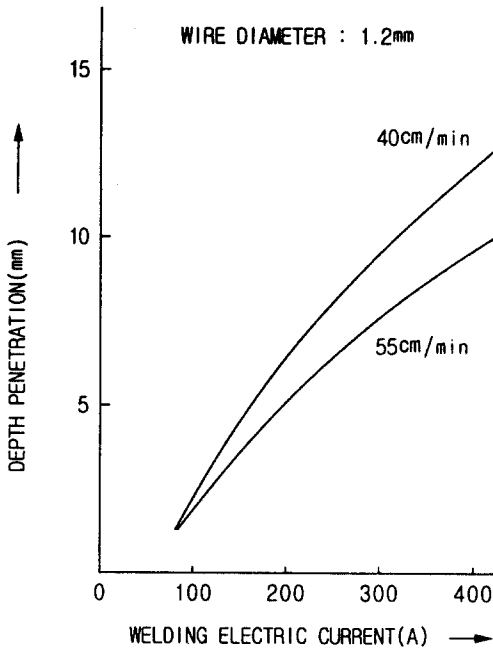


Fig. 10 Welding speed and depth of penetration

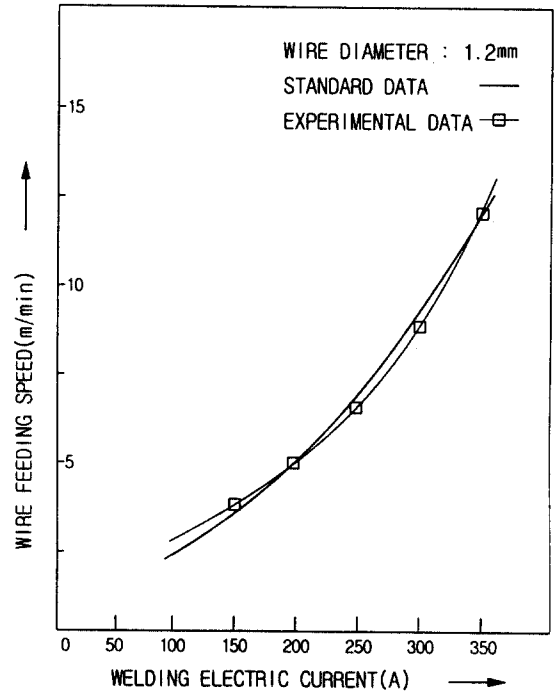


Fig. 11 Relative measurement of wire feeding speed

#### 4.2 용접 전류 - 와이어 송급 속도 ( Wire feeding speed )

용접시에는 용접기의 전원 스위치를 작동시킨 후, 가스의 분출량을 조절하고 와이어 송급속도 조절을 적당한 위치로 올린다. 와이어 송급속도는 곧 용접 전류이므로 수평 필릿 용접 조건에 따라 각각의 용접 전류를 구하였으며, 그 값은 커버의 경우 150(A), 3.8(m/min) 온리로 위의 경우 300(A), 8.7(m/min)로, 실험치와 기준치의 비교한 값을 Fig. 11 에 나타낸다.

#### 4.3 용접 전압 - 아크전압 ( Arc voltage )

전류가 증가하여도 아크 전압이 일정하게 유지되는 정전압 특성을 가지는 경우, 아크의 길이 변동에 따라 전류가 대폭 증가 또는 감소하여도 아크 길이는 일정하게 유지되는 "전원의 자기제어 특성에 의한 아크 길이 제어" 작용이 있다. 수평 필릿 용접 조건에 따라 커버와 온리로 위의 전류값을 150(A)과 300(A)으로 할 때 아크 전압은 다음의 식을 이용하여 구할 수 있다.

$$V_o = 0.04 \times I + 15.5 \pm 1.5 \quad (13)$$

계산결과 아크 전압 20~23(V), 26~29(V)내에서 사용값을 구할 수 있었으며, 적용에 따르는 실험치는 각각 21(V)과 25(V)의 경우에 원만한 비드 형상을 보였다. Fig. 12는 아크 길이와 용접 전류에 따르는 정전압 특성을 나타내며, Fig. 13은 용접 조건의 비교치이다.

아크의 발생점은  $K_0$ , 용접 전류  $I_0$ , 아크 전압  $V_0$ 일 때 아크 길이  $L_0$ 로써, 안정된 용접 상태는  $A_0$ 이다.  $A_1$ 의 상태로 아크가 길어지면 용접 전류가  $I_1$ 로 감소하고 와이어의 용융속도를 느리게 하므로  $A_0$ 로 돌아가게 되며,  $A_2$ 의 상태 역시 자동 보정 된다.

#### 4.4 용접 비드 폭 ( Bead width )

실험에 있어서 용접을 위한 필릿부의 비드 간격은 기준 용접조건에 의거 커버의 경우 3.5(mm), 온리로위의 경우 7.0(mm)이다. 그러나 용접반경과 재질이 동일하며, 너트부의 두께를 고려하여 시험한 결과 필릿 용접의 치수  $h$ 는 Cover Filer-oil의 경우 2.5(mm), Only Lower



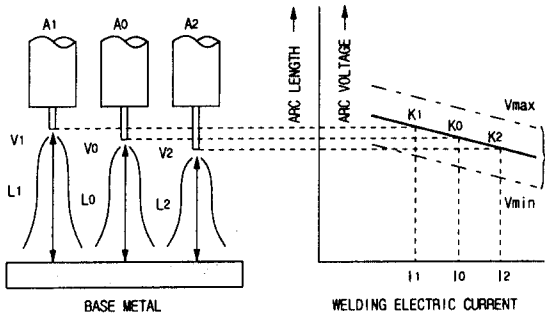


Fig. 12 Constant voltage characteristics

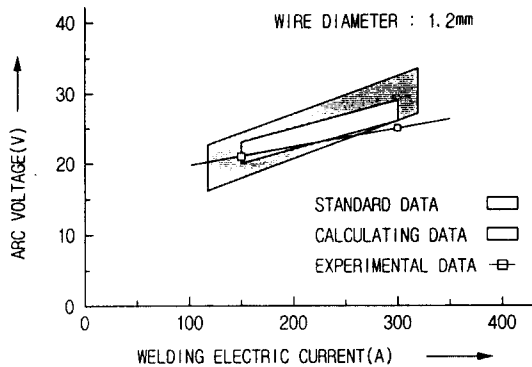


Fig. 13 Comparison of welding condition (I)

Drain-plug는 4.5(mm)이며, 각각의 용접비드 폭은 3.5(mm), 6.4(mm)로 수평 필릿 용접 조건과 거의 유사한 값을 보였다. Fig. 14 에서는 비드폭에 대하여 용접 조건과 실험치를 비교하였다.

## 5. 결 론

(1) 최적 용접조건에 따른 용접 특성을 검토한 결과 비교적 빠른 속도(생산성 향상)와 낮은 전압(에너지 절감)으로 양호한 용접 상태(용입량, 비드 폭, 비드 형상)를 얻었다.

(2) 토치 회전 방식을 채택하여 장비의 범용성과 공간 활용성을 높이고, 각종 케이블의 꼬임이 없는 메커니즘을 구현하였다.

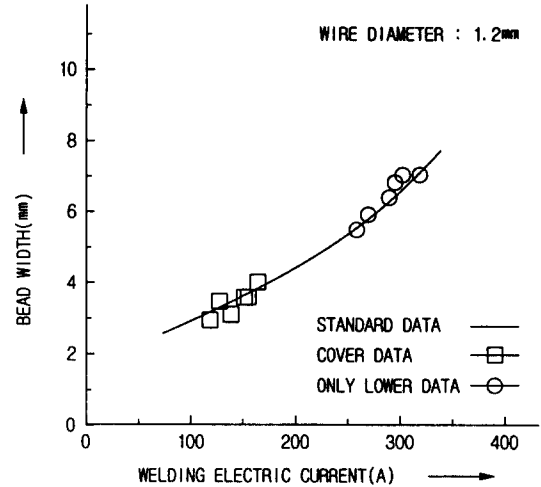


Fig. 14 Comparison of welding condition (II)

(3) 이상의 결과로 본 후미차축 케이싱의 너트부 전용 용접 기계 시스템은 제품 품질과 생산성이 뛰어나며, 용접 자동화 라인과 조합하여 FMS(Flexible Manufacturing System) 구성 및 공장자동화에 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 후 기

이 논문은 한국과학재단 지정 지역협력 연구센터인 조선대학교 수송기계부품 공장자동화 연구센터의 1996년도 석·박사 과정 학위논문 연구비 지원에 의해 연구되었음

## REFERENCES

1. A.A. Smith, M.Sc. F.I.M., F.Weld.I. "CO2 welding of steel", Cambridge, welding institute of UK, 1971.
2. Mikell P. Groover, "Automation, Production Systems" Prentice-Hall, Inc., 1987.
3. D.A. Bradley, D. Dawson, N.C. Burd, A.J. Loader, "Mechatronics", Chapman-Hall, Inc., 1991.
4. Groover. M. P. and J.C. Wiginton, "CIM and Flexible Automated Factory of the Future",

- Industrial Engineering, pp. 74~85, 1986.
5. K. Oshima, et al, "Observation and Digital control of the Molten pool in Pulsed MIG Welding", Quarterly Journal of Japan Welding Society, Vol. 5, No. 3, pp. 304-310, 1987.
  6. Katsuhiko Ogata, "Modern Control Engineering", Prentice-Hall, Inc., 1990.
  7. 윤두근, "自動 炭酸가스溶接", 일진사, pp. 5~6, pp. 122~136, 1990.
  8. 나승호, "인버터 제어 용접기", 制御計測, Feb., pp. 147~151, 1996.
  9. 엄기원, "최신 용접공학", 동명사, pp. 120~122, 1994.
  10. 오세규, 정형억, "최신 용접공학", 보성각, 1994.
  11. 유범상, 이용중, 이양범, "스포트 및 아크 용접 겸용 로봇 시스템의 개발", 한국정밀공학회지, Vol. 12, No. 6, Jun., pp. 13~19, 1995.
  12. 윤두근, "自動 特殊溶接工學", 성안당, 1996.
  13. 이두희, 박상흠, 박상기, "특수용접", 일진사, pp. 85~87, p. 121, 1992.
  14. 효성 중공업 판매사업부, "효성용접기", Hyosung Industries CO. LTD., 1996.
  15. 효성 중공업 판매사업부, "효성용접기 취급설명서", Hyosung Industries CO. LTD., 1996.