

상용차용 액셀 케이싱의 너트부 용접공정 자동화 시스템 개발

Development about Welding-process Automatic System on the department of Axle Casing Nut for Commercial Vehicle

김재열(조선대 공대), 유 신(조선대 대학원), 오성민(조선대 대학원), 장종훈(조선대 대학원)

J. Y. Kim(Chosun Univ), S. You(Graduate School, Chosun Univ),

S. M. Oh(Graduate School, Chosun Univ), J. H. Jang(Graduate School, Chosun Univ)

ABSTRACT

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

Using this welding machine process, It is possible to design a specific tool in order to solve the implemental problem. And I produced a control plate which can manipulate the progress of the entire process at the work place. Even if another kind of axle casing's welding work is used this process can be utilized if the fixed tip and work is produced and changed.

The development if this exclusive welding-machine could reduce the manpower of skilled welding labor and after considerable analysis, this machine was found to increase productivity and better quality product in comparison to the handmade product.

Key Words : Factory Automation(공장자동화), Torch-rotation(토치회전),
Exclusive welding-machine System(전용 용접기계 시스템)

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. 따라서 숙련인력의 부족을 고성능화된 용접기로 보상하도록 요구하고 있다. 최근에는 용접 자동화 라인과 조합하여 FMS (Flexible Manufacturing System)가 구성되고 있으며 자동 용접장치로서 고품질화, 고능률화에 대한 요구도 높아지고 있다.⁽⁴⁾

자동 골조(Auto frame) 및 동체조립(Body assembly), 금속제 가구의 조립 및 일용품, 그리고 정밀하게 동일한 절단 및 용접작업의 많은 반복 작

업을 포함한 부분품 조립 등은 로봇 조종으로서 가장 적합하다.⁽¹⁾⁽³⁾ 그러나 매우 높은 수요율과 요구량을 갖은 제품은 고정 자동화를 통하여 경제적 타당성을 찾을 수 있다.⁽²⁾ 단품종 대량생산을 하는 중·소기업에서는 범용성 있는 용접 로봇 보다는 용접 전용기기의 도입이 시설비와 생산성 그리고 시스템의 운용 측면에서 유리하다.

본 연구에서는 상용차용 Axle Casing의 Nut부 자동 용접 시스템을 개발하고, 용접작업시 전압, 용접 속도, Wire 공급속도, 용접시간 등의 인자를 변화하는 실험을 통하여 용접 최적 조건을 구하며, Torch 회전 및 위치보정, 가스의 흐름 등 기타 제어계의 구성을 실험에 의하여 보정하여 실제 생산에 투입하여 사용할 수 있도록 한다.

2. 전용 용접기 시스템 구성

2.1 Torch부

Torch부의 주요 개발 내용은 Torch의 회전 조건을 만족시키기 위한, 전력과 CO₂ Gas의 원활한 공급을 실현시키는 Mechanism의 구성이다. 용접기 자체에 대한 절연성을 유지하면서 직류 정전압 특성(Direct Current Constant Voltage Characteristic)을 잃지 않도록 해야 하며, Torch회전에 따르는 용접 Wire와 CO₂ Gas의 꼬임을 방지할 수 있도록 설계되어야 한다. Fig. 1은 Torch부의 구성도이다.

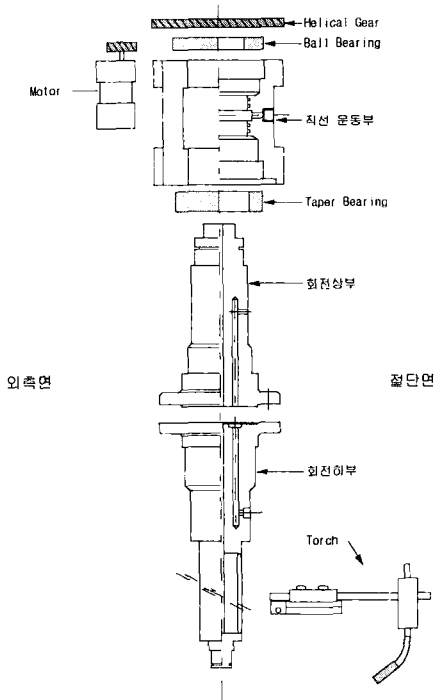


Fig. 1 Torch부의 구성

Torch부는 LM Guide와 LM Block (THK SR30SB)으로 Cylinder와 연결된 직선 운동부와 Helical Gear를 통해 Motor에 연결된 회전 운동부로 나눌 수 있다. Motor는 직선 운동부에 고정되어 있으며, 내부의 회전 운동부는 Taper Bearing과 Ball Bearing에 의해 연결되어 자유롭게 회전할 수 있다.

직선 운동부 우측에 있는 Hole을 통하여 CO₂ Gas를 주입하면 내부의 회전 운동부로 들어가게 되고 또한, Torch에 공급된다. 전력은 회전 운동부에 환동계 Ring을 달고, 전류를 인가하여 Torch에 공급하게되며, 용접 Wire는 회전 운동부 중심축의 hall로 감되어 용접하부 측면에서 Torch에 공급된다.

2.2 구동부

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

단일 축방향의 직선운동은 용접부 전체가 Cylinder와 LM Block을 이용하여 Up·Down하는 방식이며, 동작 스트로크가 길지 않고 위치 결정 및 동기 운전을 목적으로 하기 때문에 구조상의 복잡함과 슬라이드의 슬립현상을 막기 위해 Cylinder 축에 직결하였다. 또한, 용접 Torch 회전을 직접적으로 제어하기 위하여 DC Servo Motor에 감속 기어와 속도 조절기를 달아 용접부의 직선운동부에 설치하였으며, 동력의 전달은 Helical Gear를 사용하여 슬립현상을 막고 충분한 Torque를 인가할 수 있었다.

A. Cylinder

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

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

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 로드가 견딜 수 있는 좌굴하중과의 관계를 나타낸다.

$$Fk = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{l^2 \cdot S} \quad (2)$$

Fk : 좌굴하중 (kg)

E : 탄성계수 (kg/cm²)

J : 관성모멘트 (cm⁴)

l : 2 × 행정거리 (cm)

S : 안전율

마운팅 방법은 전면 Flange형을 택하였다.

B. DC Servo Motor

용접부 회전은 (주) 성신에서 제작된 Lead Wire type Electro Magnetic Brake Motor를 이용하였으며, 용접부와의 연결은 Helical Gear를 이용하여 직

결하였다. 용접 작업은 정회정과 역회전을 모두 사용하므로 속도 조절이 가능한 Unit type의 Speed Controller를 이용하며, 실험에 의해 용접 품질을 확인한 후 제어에 반영한다.

Rated Load는 Gear Head와 조합한 경우의 허용 Torque이며, 전용 용접기 회전부에 적용한 Motor의 Gear Ratio는 1/50 이고 허용 Torque는 200kg · cm 이다. 회전 방향은 Motor의 회전 방향과 동일하다.

C. 슬라이드 기구 (Linear slide mechanism)

슬라이드 기구에 작용하는 굽힘응력이 이송부 재료의 허용응력 이하라도 처짐이 짐이 발생하여 허용 처짐보다 커지면 이송테이블의 마찰 증가로 제어 시스템에 왜란으로 작용하며, 궤적 오차, 진동 등의 원인이 되므로 엄격하게 제한을 두어야 한다.

LM Guide의 사용 목적은 용접부 하강 및 상승시 궤적을 인도하고, 용접부의 자중에 의한 응력을 실린더 축으로부터 분배하여 실린더를 보호한다. Fig. 2에 계산시 개략도를 나타낸다.

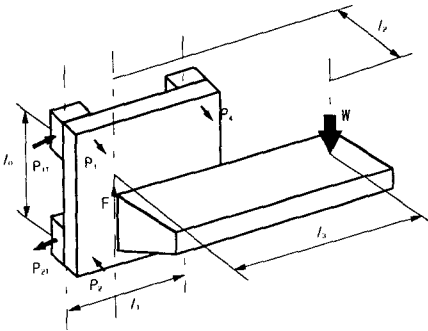


Fig. 2 수직축상의 하중 분포도

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

$$P_1 \sim P_4 = \frac{W}{2} \times \frac{l_2}{l_0} \quad (3)$$

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

LM Guide SR형의 수명은 다음 식에 의해 구해진다.

$$L = \left(\frac{f_r \cdot f_c}{f_w} \cdot \frac{C}{P_C} \right)^3 \cdot 50 \quad (5)$$

L : 정격 수명 (km)

C : 基本動定格荷重 (kgf)(Table 1 참조)

P_C : 계산 하중 (kgf)

f_r : 온도 계수

f_c : 접촉 계수

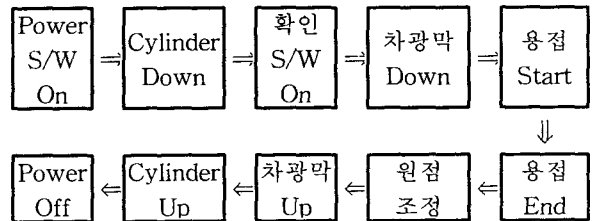
f_w : 하중 계수

Table 1 SR형 각 방향의 정격 하중

	基本動定格荷重	基本靜定格荷重
레이디얼 방향	C (치수표 참조 : SR30SB의 경우 40) C_0	
수평방향	$C_r = 0.55 C$	$C_{or} = 0.43 C_0$
역레이디얼 방향	$C_L = 0.61 C$	$C_{oL} = 0.5 C_0$

2.3 제어부

전용 용접기의 제어부에는 용접작업에 필요한 세부항목들을 Control하기 위한 장치가 포함된다. 제어를 위한 기기는 용접기, Motor 그리고 Cylinder이다. 또한, 자체 전원과 자동·수동 조절장치, 비상정지 스위치 및 유해광선으로부터 작업자를 보호하기 위한 차광막의 Door 개·폐 장치를 포함한다. 제어부에서 장치 관리에 관한 순서는 다음과 같다.



용접기에서 사용되는 전원은 3상 AC 220V에 용접 및 크레이터 전류는 350A이다. 공장에서 사용할 때 사용자의 요구에 따라 용접전원을 승압 또는 감압한다. 정격 입력전압은 440을 이용하며, 제어부 상단에 Power S/W를 위치시켜 전원을 ON/OFF 할 수 있도록 한다.

2.4 Body부

Body부는 전용 용접기의 구조물 부분이며 용접물을 장착하기 위한 장치를 포함한다. Body의 재질은이며, 용접물을 고정하기 위한 Tip 과 Work는 다른

종류의 Axle Casing을 용접하고자할 때, 제작 교체함으로써 Axle Casing 용접에 관한 한 범용성을 갖도록 설계되었다.

3. 연구 결과 및 고찰

3.1 후미차축(Rear Axle) Casing Nut부 용접장치

설계, 제작한 전용 용접기의 일반적인 특성을 알아보기 위하여, 직선 운동 및 반복 회전 위치 정밀도와 제어부의 동작 등을 Check하고 신뢰성을 입증하고자 한다.

제작된 Welding Machine의 특성은 다음과 같다.

- (1) 자유로운 Torch 거리 미세조정이 가능하다. Axle Casing Nut부의 직경에 관계없이 여러 종류의 용접물에 응용할 수 있다.
 - (2) Cable의 꼬임이 없는 Torch 회전 방식이 구현되었다.
 - (3) 용접 작업의 수동 전환이 가능하다.
 - (4) 외부로부터의 제어가 가능하다.
- 이 장치의 작동 순서는 Fig. 3와 같다.

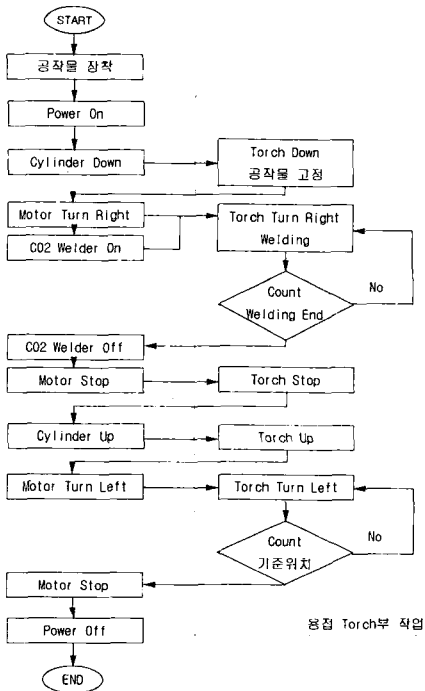


Fig. 3 Welding Machine 동작 Flow-chart

3.2 용접부의 불량율과 작업속도 측정 실험

A. 용접시간의 제한

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

- 기동 전압 : 440V
- Casing Cover : 120초 (2분)
- Casing Only Lower : 180초 (3분)
- 용접 전압 : 30V 이하
- 용접 Wire 직경 : $\phi 1.2\text{mm}$

B. 용접 조건

a. 용접 전류 (Wire 송급속도)

용접전류는 비드형상, 용입깊이, 작업성, 용접능력 및 용착 금속의 기계적 성질에 큰 영향을 미치므로 사용 목적에 따라 적절한 값을 설정하여야 한다.

용접 전류는 Wire 송급속도에 의해 결정되므로 Wire 송급 속도가 변화하면 이에 따라 용접 전류가 증감한다. Fig. 4에서와 같이 낮은 전류에서는 Wire 송급속도와 전류치는 거의 직선관계를 나타내나, 細經Wire에 대전류를 흘리면 Wire 돌출부의 저항 발열로 인하여 Wire 송급속도는 급격히 증가한다.

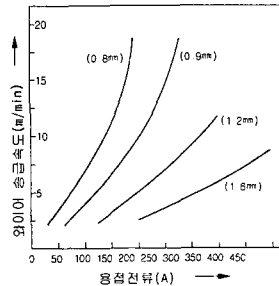


Fig. 4 Wire 송급 속도와 용접전류와의 관계(左)

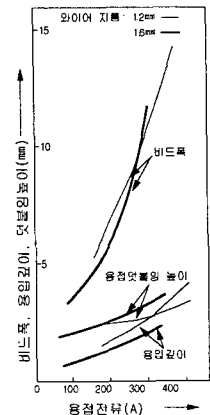


Fig. 5 용접전류와 비드형상과의 관계(右)

용접전류와 비드 폭 용입 깊이의 관계는 Fig. 5와 같이 용접전류의 증대에 따라 비드 폭, 용입 깊이도 함께 증가하는 경향이 있다. 용접 속도는 30cm/min을 적용했으며, 보호가스는 Ar과 CO₂를 20l/min으로 하였다.

b. 아아크 전압 (아아크 길이)

아아크 전압은 아아크의 안정성·스패터 발생·비드 형상 등에 영향을 미치므로 적절한 값을 설정하

여야 한다. 아아크 전압이 낮을 경우에는 아아크 길이가 짧게되어 용입이 깊고 비드폭이 좁은 볼록형의 비드 형상으로 되고, 아아크 전압이 높을 때는 반대의 현상을 나타내게 되며 스패터 발생이 많고 산화가 심하다.

C. 실험방법

본 실험에서는 제작된 Welding Machine을 사용하여 Axle Casing Nut부를 용접함에 있어서 용접조건, 즉, 용접속도, 용접 Wire 공급속도 및 사용전압의 최적조건 등 최적 사용범위를 다음과 같은 실험 방법으로 구하였다.

최적조건 판별로는 기밀테스트와 인장시험을 거쳐 확인된 용접상태의 정도로한다. 전체 용접 전·후의 요구 시간은 Cover의 경우 2분, Only의 경우 3분으로 하며, 용접기에 의해 용접하는 시간은 약 15초이어야 한다. 따라서 이 조건을 용접 제한 조건으로 한다.

실제 시험에서는 용접 속도를 변화시키면서 Wire 공급속도와 사용전압 등을 측정하여, 이들 중 기밀테스트를 거쳐 확인된 용접 상태를 plot하였다.

용접에 따르는 속도 조정은 43~60(cm/min)으로 변환시키고, 용접속도 간격은 5(cm/min)로 하였으며, Wire 공급속도는 7~8(m/min), 사용전압은 19~33(V)으로 하였다.

D. 결함 Test

결함 검사는 시각검사와 기밀 Test로 나눌 수 있다. 시각검사는 일반 육안 검사로서 비드의 형상과 폭 등을 Check하고, 추출 검사로서 용접부위를 절단하여, 단면상태 및 용입불량 그리고 기포발생 등을 확인한다. 기밀 Test시의 사용 압력인 공압(Air Pressure)은 2kg/cm²이며, 소요되는 시간은 1대당 30초로 사용하였다.

3.3 실험 결과 및 고찰

앞에서와 같은 실험 방법을 통해서 다음과 같은 필릿 용접부에 대한 결과를 얻었다. Torch 끝이 회전하는 동안 케적은 축의 중심으로부터 반경을 계산하여, 원 둘레 공식을 적용하여 구할 수 있다. 또한, 용접거리는 Cover와 Only Lower에서 일정한 Nut의 둘레를 간단히 계산해 낼 수 있다.

원주율 공식을 적용한 용접 거리는 131.94mm + α (여유율)가 된다.

실험에 의해 추출한 여유율은 4.5mm에서 가장 안정된 기밀성과 비이드 형상을 보였다. 따라서 전체 용접 거리를 약 136.5mm라 했을 때 용접시간 제한(15초)에 따르는 최적 용접 속도는 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} \text{최적용접속도} &= \frac{\text{전체용접길이}}{15} \\ &= \frac{136.5 \times 60}{15 \times 10} = 54.6(\text{cm/min}) \end{aligned} \quad (6)$$

위 식에 의하여 구한 최적 용접 속도는 54.6(cm/min)이며, 실험에 의한 값은 55(cm/min)에서 최적의 값을 보였다.

Welding Machine의 최적 용접 속도 55(cm/min)에 따른 최적 Wire 공급 속도는 7.6(m/min), 최적 전압은 21(V)이다.

이상의 실험에서 용접 표준 조건과 거의 일치하는 결과를 얻을 수 있었다.

4. 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, 비이드 폭, 비이드 형상)를 얻었다.

(2) Torch 회전 방식을 채택하여 장비의 범용성과 공간 활용성을 높이고, 각종 Cable의 꼬임이 없는 Mechanism을 구현하였다.

(3) 이상의 결과로 본 Rear Axle Casing의 Nut부 전용 Welding Machine은 제품 품질과 생산성이 뛰어나며, 용접 자동화 라인과 조합하여 FMS(Flexible Manufacturing System) 구성 및 공장자동화에 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

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. 윤두근. 「自動 炭酸가스溶接」. 서울 : 일진사, 1990.
4. 나승호. "인버터 제어 용접기", 「制御計測」. Feb. 1996. P147~151