

격자형 용접 주행로봇의 개발

(제1보 : 주행제어 및 용접선 추적제어)

Development of Mobile Robot for Welding of Lattice Type

- Mobile Speed Control and Seam Tracking Control -

감병오*, 전양배**, 강치정***, 주갑영****, 김상봉*****

* 부경대학교 대학원 학연기계공학과, **기계공학과, ***메카트로닉스학과

**** (주) FAT 기술이사

***** 부경대학교 기계공학부

ABSTRACT :

It is difficult to realize automation of welding of lattice type in shipbuilding and assembly processing of shipbuilding and steel structures. Usually, the welding parts of lattice type are welded manually. So there are limitations in continuous and stable quality controls and in increase in productivity because the welding quality depends on worker's skill. That is, automation in welding is necessary.

This paper shows the developed results of a mobile robot for welding of lattice type. Specially, algorithms for its mobile speed and seam tracking controls are introduced.

1. 서론

격자형 용접은 조선분야 및 철구조물 조립 공정 중 자동화를 실현하기 곤란한 공정으로 알려져 있다. 격자형 용접부를 인력에 의존할 경우 작업자의 기능에 용접품질이 결정되기 때문에 지속적이고 안정된 품질관리는 물론 생산성 향상에 한계가 있다. 따라서, 용접자동화는 필요불가결한 과제이다. 로봇에 의한 용접 자동화는 용접 프로세서, 센서, 로봇 분야로 나눌 수 있는데 용접 프로세서분야에서는 고능률, 고품질인 용접 프로세서의 개발이 요구되며, 센서분야에서는 고정도 센서, 다기능 센서 개발이 필요하다. 또한 로봇 분야에서는 유연성이 높은 하드웨어, 소프트웨어의 개발이 요구된다.

본 논문에서는 이러한 격자 용접의 직선부와 모서리부를 자동 용접할 수 있는 주행로봇 개발에 대한 제어 알고리즘과 그 성능에 관한 연구 결과를 보인다.

2. 용접 주행로봇의 구성

2.1 용접 주행로봇의 본체 설계 및 제작

Fig. 1은 개발된 주행로봇의 외형을 나타낸다. 용접 주행로봇은 제어부, 구동부, 용접선 추적 장치, 로봇 본체로 구성된다. 제어부는 마이크로프로세서를 포함한 주제어장치, 주행제어를 위한 DC 모터 드라이버, 용접조건 입력을 위한 조작판으로 구성하였다. 구동부는 로봇이 선회할 수 있도록 좌우에 각각 1개의 주행용 바퀴를 탑재하였고, 이들 바퀴는 각각 개별 제어된다. 모터는 정격 전압이 DC 24V, 24W의 DC 모터를 사용하였다. 로봇 본체는 알루미늄으로 제작하여 경량화를 도모하였다. 용접 주행로봇은 주행시 무거운 용접 케이블 및 제어선을 견인하면서 주행하기 때문에 큰 견인력이 요구되는데, 이를 위해 영구자석을 주로 사용하고 있다. 영구자석을 사용할 경우, 항상 로봇의 바닥이 자력을 띠게 되므로 작업자가 주행로봇을 설치하기 곤란할 뿐만 아니라, 이물질이 부착되므로 주기적인 제거 작업이 요구된다. 본 연구에서 개발된 주행로봇은 전자석 방식을 채택하여 작업자가 로봇을 쉽게 탈착 가능하도록 하였으며, 바닥에 불필요하게 부착되는 철편을 쉽게 제거할 수 있는 장점이 있다. Fig. 2는 용접선 추적 장치를 나타낸 것이다. 용접선 추적을 위해 용접 토치 상단에 접촉식 용접선 추적 센서를 탑재하였고, 토치의 위치 제어를 위해 슬라이더가 수평 방향으로 제어된다.

2.2 제어부 구성 및 설계

Fig. 3은 제어부의 구성을 나타낸다. 주제어장치는 인텔사의 16bit 원칩 마이크로프로세서인 80c196kc를 기반으로 설계, 제작하였다. 안전장치에서 발생된 신호의 입력과 구동 모터의 속도 제어를 위한 포토 인터럽트 센서에 의한 속도 피드백 신호는 HSI(High Speed Input) 포트에 입력된다. 속도 검출은 포토 인터럽트 센서의 펄스 입력 시간을 측정하는 방법을 사용하였다. DC 모터 드라이버에 PWM(Pulse Width Modulation) 신호를 출력을 하기 위해 HSO(High Speed Output) 포트를 사용하였다. 입력 포트는 조작판에서 사용자가 입력한 용접조건을 입력받고 출력 포트는 용접기에 용접 On, Off 신호를 출력한다.

3. 소프트웨어 알고리즘

3.1 토치의 초기 위치 설정

용접 토치의 초기 위치 설정은 용접 주행로봇의 전원부에 전원이 공급되면 자동적으로 초기 설정 위치로 이동하게 된다. 이 때 토치 홀더 위에 탑재된 용접선 추적 센서의 초기 전압값과 로봇 자세 보정 센서의 초기 전압값이 자동적으로 저장된다. 용접 주행로봇이 격자의 모서리 용접을 위해서 선회할 때, 용접선 추적 센서의 초기 전압값을 레귤레이터 방식으로 초기의 위치 정보값과 같게 제어한다.

토치 위치제어 슬라이더 구동용 모터는 1회전시 8 펄스가 발생하는 엔코더를 설치하였으며 마이크로프로세서의 HSI(High Speed Input) 포트로 입력을 받아서 토치의 위치를 피드백 제어한다.

3.2 용접선 추적 장치

토치 위치 제어 슬라이더의 제어는 용접선 추적 성능과 직결되기 때문에 정밀 제어가 요구된다. Fig. 2는 용접선 추적 장치의 개략을 나타낸다.

토치 위치 제어 슬라이더는 Lack and Pinion 방식의 기어를 이용하였고, 터치 센서의 끝단은 필렛의 상판 벽면을 따라 원활히 움직일 수 있도록 직경 4mm의 베어링을 사용하였다. 터치 센서 내부에 스프링을 설치하여 항상 필렛의 상판에 접촉하도록 하였으며 또한 기계적으로도 환충되도록 설계하였다. 선회시 용접선 추적은 토치 위치 제어 슬라이더에 탑재된 포텐쇼메터에서 출력되는 위치 정보값을 마이크로 프로세서의 A/D Channel 포트로 입력 받아서 용접선을 추적하게 하였다. 로봇이 용접 작업을 시작하는 시점의 토치 위치정보를 레귤레이터 제어기에 의해 용접선을 추적하게 된다.

3.3 직선 주행시 제어

개발된 주행 로봇은 직선 주행과 선회 주행 두 개의 모드(Mode)로 제어를 행한다. 우선 용접 주행로봇이 일정한 속도를 유지하며 격자내의 직선부를 용접할 때, 정확한 용접속도로 로봇이 주행하기 위해 모터의 회전을 Feedback 제어한다. 모터의 속도 검출은 현재 펄스 입력의 시간을 마이크로프로세서에 저장하여 이전의 펄스 입력의 시간차를 이용하여 측정하는 방법을 사용하였다. 주행 로봇의 속도 보정은 기어비와 바퀴의 직경을 고려하여 계산된 타임테이블과 측정된 모터의 속도와의 차를 이용하여 보정하였다. 로봇의 속도 계산은 마이크로프로세서의 Timer 인터럽트 기능에 의해 정확한 속도를 계산하였다. 직선 주행시 자세 보정은 측면에 부착된 로봇 자세 보정 센서와 용접선 추적 센서를 이용하게 되는데, 용접 시작 버튼을 누르면 두 센서의 값을 저장하고 이 초기의 값을 유지시키기 위하여 11가지의 경우의 수를 가지고 로봇의 좌우 구동 바퀴를 제어하여 로봇의 자세를 제어하였다

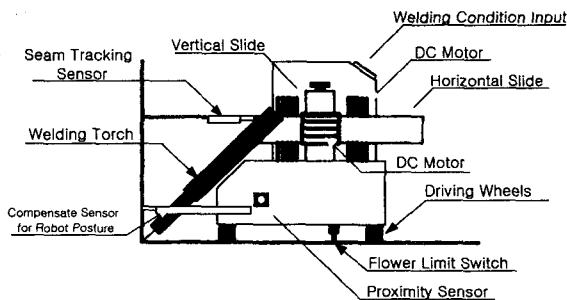


Fig. 1 Welding mobile robot

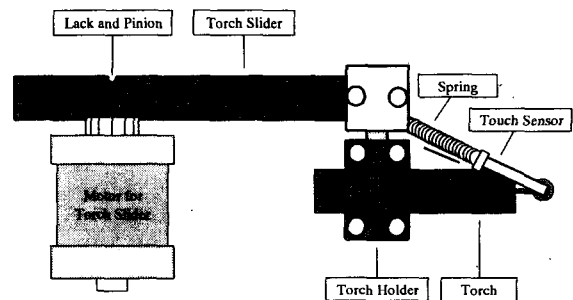


Fig. 2 Welding seam tracking

3.4 선회시 주행로봇의 제어

격자형 용접로봇이 선회시 로봇 본체 중심에 설치된 전자석에 의해 정확한 원점을 중심으로 로봇은 선회하게 된다. 다음 식(1)은 주행로봇이 선회할 때 필요한 용접속도를 구한 것인데, $x(t)$ 는 토치 슬라이드의 위치, v_{weld} 는 용접 속도(constant), $\omega(t)$ 는 로봇 선회시 각속도이다.

$$v_{weld} = \frac{d}{dt}\{x(t)\} \cdot \sin \theta(t) + x(t) \cdot \cos \theta(t) \cdot \omega(t) \quad (1)$$

여기서, $x(t)$ 는

$$x(t) = \frac{x(0)}{\cos \theta(t)}, \quad \frac{d}{dt}\{x(t)\} = \frac{d}{dt}\left\{\frac{x(0)}{\cos \theta(t)}\right\} = v_{torch} \quad (2)$$

[단, $x(0)$: 토치 슬라이드의 초기 위치 $v_{torch}(t)$: 토치 슬라이드의 속도]

로봇의 선회시 $0^\circ \leq \theta(t) \leq 45^\circ$ 범위내의 각속도와 용접속도 사이의 관계식을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\omega(t) = \frac{1}{x(t)} \cdot \frac{v_{weld}}{1 + (\tan\theta(t))^2} \quad (3)$$

주행로봇은 용접 속도가 45, 50, 55, 60, 65cm/min에 대해서 로봇의 선회시 각속도를 구하여 실험을 하였다.

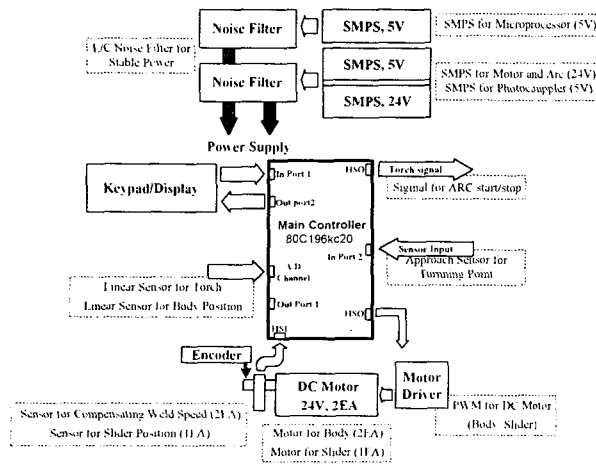


Fig. 3 Block diagram of Controller

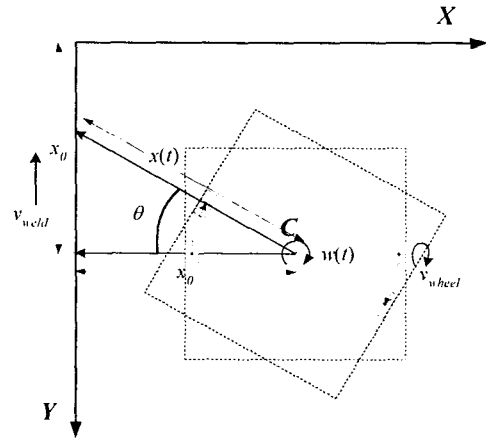


Fig. 4 A kinematic model of the welding mobile robot

4. 실험 결과

본 연구에서 개발된 용접 주행로봇의 용접 성능을 시험하기 위해 Fig 5와 같이 용접 시스템을 구성하여 Table 1과 같은 용접 조건으로 용접을 행하였다. Photo 1은 실제 용접 주행로봇이 용접 작업을 수행하고 있는 사진이다.

Table 1 Welding condition

Work Piece	Welding Wire	Welding Current	Welding Voltage	Welding Speed	Sliding Gas
Mild Steel 4t (πr)	1.4ϕ Flux Cored Wire	220A	25V	45cm/min	18 l min CO2

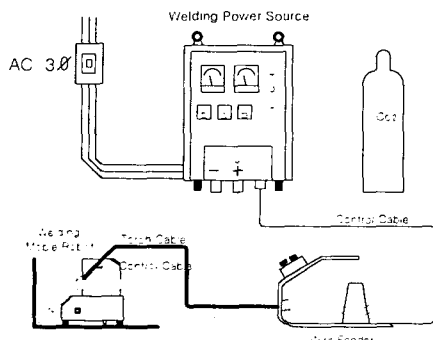


Fig. 5 Composition of welding mobile robot

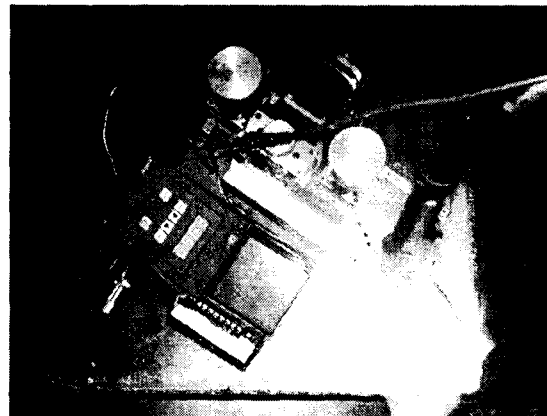


Photo 1 Photograph of welding Mobile robot

5. 결론

자체 설계 제작된 격자형 용접 주행로봇은 많은 현장실험을 통해 용접시 발생하는 열과 노이즈에 강인한 하드웨어와 소프트웨어를 설계하였으며 그 성능을 검증하였다. 향후 개발과제로서는 비접촉식 센서인 고속 회전 아크센서를 이용하여 자동적으로 용접선의 추적 및 자율 주행할 수 있는 격자형 주행로봇 개발에 있다.