

삼각과 형태의 용접선 자동추적에 관한 연구

배철오* · 김현수** · 안병원**

*, **목포해양대학교 기관시스템공학부 교수

A Study on the Automatic Seam Tracking of Triangular Wave Form

Cherl-O Bae* · Hyun-Su Kim** · Byong-Won Ahn**

*, **Department of Marine Engineering, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

요 약 : 용접은 가장 널리 사용되는 금속접합기술이며 조선, 자동차, 항공, 플랜트설비 등 산업현장의 여러 분야에서 활용되고 있는 근대산업의 기본적인 생산기술이다. 그러나 용접작업 자체가 강한 빛과 전류, 유해가스등을 발생하고 있으며, 다품종 소량 생산하는 작업장에서는 규격화된 물건을 만들어 내는 제조업에 비해서 자동화가 어렵다. 따라서 범용적으로 모든 형태의 용접할 부위인 용접선을 검출하여 자동으로 용접하기란 상당히 어려우며, 본 논문에서는 삼각과 형태의 굴곡을 가진 용접선을 검출하고자 스트레인게이지를 응용한 센서를 이용하였고, 이를 직선구동이 가능한 반자동 캐리지에 탑재하여 용접선을 자동으로 추적하여 용접하는 실험을 제안하였다. 캐리지는 직선 전진만 하고 있더라도 굴곡이 있는 용접선을 자동으로 검출하여 용접이 가능하도록 하였다.

핵심용어 : 용접선, 용접선 추적, 삼각과 용접선, 반자동 캐리지, 스트레인 게이지

ABSTRACT : In these days, welding is the most commonly used metallic connection technology and also is the fundamental production technology of the modern industry, which is used in various areas of the industrial fields, such as shipbuilding, automobiles, airplanes and plant facilities. However welding process produces strong light, electric currents, and fume gases etc, and the welding automation is not so easy compared to the other works of manufacturing industries which produce the standardized products in large quantities. So it is difficult to weld and detect the all kinds of seams automatically by a specific sensor. In this paper, the sensor applying strain gauges is used to detect the seam of triangular wave form. With the auto carriage having the sensor we proposed the experiment to weld and track the seam automatically

KEY WORDS : Seam, Seam Tracking, Seam of triangular wave form, Auto Carriage, Strain Gauge

1. 서 론

현재 대부분의 조선관련 중공업에서 사용하고 있는 반자동 캐리지는 바퀴 구동을 하며, 장거리 수직 및 직선 형태의 용접에만 사용되고 있다. 그러나 직선 주행 중 용접 시작시의 용접할 부위가 바퀴에 이물질이나 철판위의 약간의 굴곡으로 인해 틀어지게 되면 이를 감지할 센서가 없어 용접토치는 용접할 부위를 벗어나 전혀 다른 곳을 용접하게 된다. 또한 이를 방지하기 위해서 작업자는 항상 이를 주시하고 중간 중간 그 위치를 재 설정해 주기 위해 캐리지와 용접기를 멈추어야만 한다. 따라서 여러 대의 캐리지를 가지고는 있으나 작업자는 언제나 한대의 캐리지만을 작업중에 관리할 수밖에 없어 생산성의 향상에도 커다란 걸림돌이 되고 있다. 결국 이를 해결하기 위해서는 캐리지에 용접선, 즉 용접할 부위를 검출할

수 있는 센서를 부착하는 것이다. 용접선을 검출할 때 사용하는 센서에는 금속모재와 센서의 접촉여부에 따라 접촉식과 비접촉식으로 나뉜다(배, 2002; J.D, 1987). 특히 접촉식 프로브 센서의 경우 구조가 간단하고 저가로 용접선을 검출할 수 있어 실제 산업현장에서 많이 사용되고 있다(이와 나, 1993). 본 논문에서는 인장, 압축시 단면적과 길이 변화에 따라 고유 저항이 변하는 성질을 가진 스트레인 게이지를 응용한 프로브 센서를 이용하여 용접선 추적센서로서 이용하였다(안 등, 2003; 안 등, 2004; 안과 배, 2005; 이, 2005).

속도제어가 가능한 캐리지(오, 2004)에 스트레인 게이지 센서, 모터구동 슬라이드, 실제 추적량 측정에 필요한 로터리 엔코더, MPU와의 연계를 위한 인터페이스회로를 탑재하여 자동으로 용접선을 추적하여 용접이 가능한 시스템을 구성하였다. 이 시스템의 추적성능을 알아보기 위하여 삼각과 형태로 절곡된 용접모재를 제작하여 스트레인 게이지 센서로드의 기준위치 전압이 2.5[V]일 때 주행속도 300, 400, 500, 600[mm/min]으로 변경하여 용접선 추적실험을 하였다. 또한 100[ms]마다 센서의 출력 전압과 로터리 엔코더 펄스를 샘플링하여 데이터

*대표저자 : 정회원, baeco@mail.mmu.ac.kr, 061)240-7084
**정회원, blue@mail.mmu.ac.kr, 061)240-7087
**정회원, ds4cbt@mail.mmu.ac.kr, 061)240-7102

를 비교분석하였다. 또 4가지의 주행속도에서의 용접선 추적 실험결과 용접선 추적상태가 양호한 캐리지 주행속도에 대해서 CO₂ 용접기를 이용한 용접실험에 적용해 보았다. 그래서 캐리지를 통하여 굴곡면이 있는 부분에 있어서 자동용접이 가능한 지에 대해서 분석해 보았다.

2. 실험장치

2.1 용접선 추적센서

Fig. 1은 용접선의 검출을 위해 본 논문에서 사용한 프로브 타입의 용접선 추적센서의 사진과 상세도를 나타내고 있다. 탄성이 좋은 스테인리스 0.5[mm]의 철판에 길이가 5[mm], 저항이 120[Ω] ±0.5[%]인 스트레인 게이지를 각각 스테인리스 판 위, 아래에 고정하였다. 로드는 용접할 부위인 용접선을 접촉하여 진행하다가 용접선의 위치변화가 생기면 로드는 굽힘 모우멘트를 발생시키고, 이 굽어진 힘은 스테인레스 철판에 가해지고 인장과 압력응력이 발생하게 된다. 결국 스테인레스에 부착된 스트레인 게이지에 저항변화를 일으켜 굽힘 응력의 변화량만큼 스트레인 게이지는 아날로그 신호로 출력하게 된다. 로드가 용접선을 따라 진행하던 중 Fig.1과 같이 용접선의 변화에 따라 +, - 오차신호가 생기게 되면 센서와 용접토치가 고정된 모터 슬라이드를 오차가 0, 즉 로드의 센터 위치로 이동시키게 되어 항상 일정한 용접선의 위치 추적이 가능하도록 하게 된다.

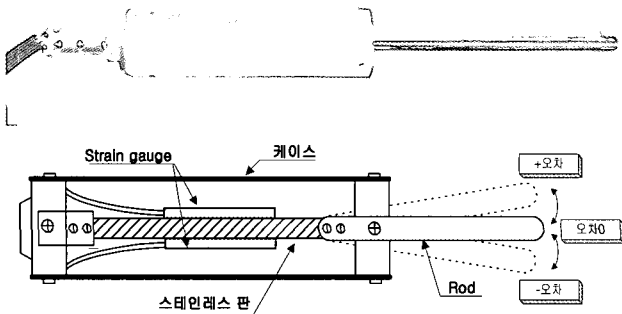


Fig. 1. Photograph and schematic of probe strain gauge sensor for seam tracking.

2.2 전체적인 시스템의 구성

Fig. 2는 본 논문에서 삼각과 형태로 절곡된 용접선을 추적하기 위해 구성한 전체적인 시스템을 나타낸다. 시스템은 크게 직선주행이 가능한 반자동 캐리지와 용접선 추적 센서, 용접토치, 모터구동 슬라이드, 스트레인 게이지 신호 증폭기, 모터 드라이버, 80C196KC를 이용한 마이크로프로세서에 의한 제어기로 구성된다. 좌측의 DC 모터는 캐리지의 바퀴에 연결되어 캐리지를 X축 방향으로 직선운동을 시키는 모터이고, 우측의 슬라이드에 연결된 DC 모터의 경우는 용접토치와 센서가 고

정되어 있는 슬라이드를 Y축 방향으로 상, 하 운동을 시키는 모터이다. 용접선 추적센서는 용접토치 앞단에 위치하여 센서의 출력 값에 따라 슬라이드 에 연결된 DC 모터의 회전방향과 속도를 제어하여 캐리지 주행방향의 좌, 우(Y방향)로 용접토치와 센서를 이송하게 하여 센서의 오차가 제로가 되는 점을 유지하게 하여 용접선의 변화가 생기더라도 일정하게 용접선을 추적하도록 한다. 또 DC 모터 축에 로터리 엔코더를 베벨기어로 연결하여 용접선 추적량을 측정하여 추적한 값과 실제 값이 맞는지 확인할 수 있도록 하였다. 증폭기를 포함한 인터페이스 회로는 센서에서 출력된 전압신호를 증폭하고, 슬라이드에 부착된 DC 모터를 제어하는 역할을 한다. 80196KC를 이용한 MPU인 제어기는 센서의 전압신호를 입력받아 직류전동기의 회전방향과 속도를 제어한다.

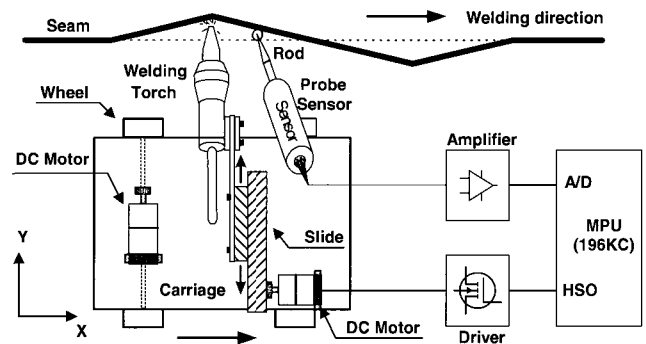


Fig. 2. Seam tracking system with developed sensor.

2.3 용접선 추적을 위한 제어프로그램

Fig. 3은 제어프로그램의 초기화 처리 루틴을 나타낸 것이다. 프로그램이 시작되면 관련 변수들을 초기화하고, Port1의 0핀에 Low 신호를 출력하여 DC 모터가 HSO.0핀에서 출력되는 PWM 파형에 의해서 정방향으로 회전할 수 있도록 설정한다. Timer2 overflow 인터럽트를 이용하여 PWM 파형을 주기적으로 출력하기 위해서 Timer2는 클럭소스로 내부클럭을 사용하고, 고속 모드, 소프트웨어 리셋모드로 설정한다. 매 5[ms] 마다 인터럽트를 발생시키도록 Timer2에 시정수를 라이트 한 후, 인터럽트 대기상태가 된다.

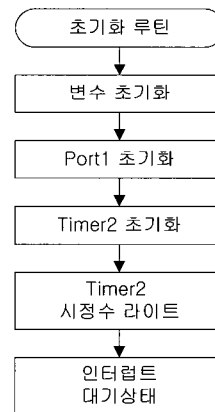


Fig. 3. Flowchart of initialization process.

Fig. 4는 전체적인 용접선 추적을 위한 알고리즘을 나타내고 있다. 아날로그 입력단자 ACH0, ACH1에서 센서와 사이드트랙의 신호를 입력받아 A/D 변환하여 그 값을 변수 Vd0, Vd1에 저장한다. Vd1은 센서 로드의 기준위치, Vd0는 센서로드의 현재 위치의 디지털 값이다. Vd0와 Vd1이 같으면 기준위치와 현재위치가 일치하므로 PWM파형을 출력하지 않는다. Vd0 값이 크면 센서 로드가 기준위치 보다 오른쪽으로 휘어져 있으므로 DC 모터를 정방향으로 회전시켜 센서와 용접토치가 고정된 슬라이드를 왼쪽으로 이동시킨다. 반대로, Vd0 값이 작으면 왼쪽으로 휘어져 있으므로 DC 모터를 역방향으로 회전시켜 센서와 용접토치를 오른쪽으로 이동시킨다. Vd0와 Vd1의 차이가 클수록 PWM 출력 값이 커지게 된다.

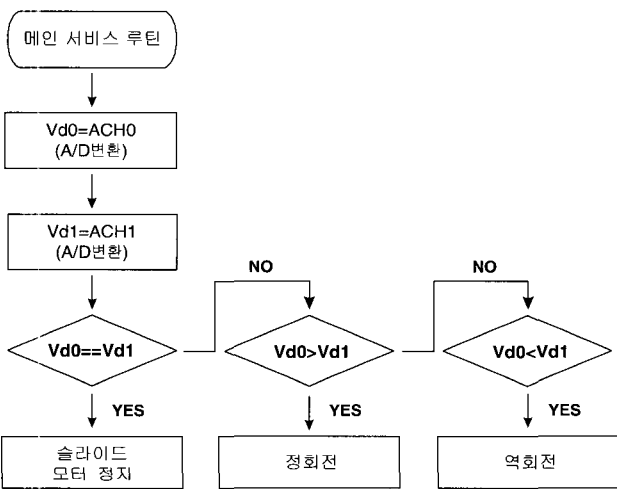


Fig. 4. Flowchart of motor driving for seam tracking algorithm.

3. 실험 및 고찰

3.1 실험장치

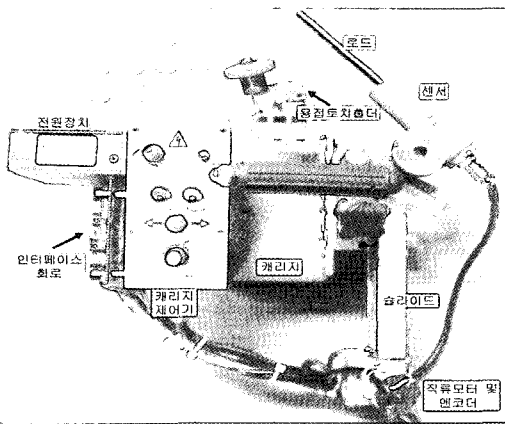


Fig. 5. Photograph of seam tracking system.

Fig. 5는 본 논문에서 제작한 용접선 추적센서, 모터구동 슬라이드, DC 모터, 인터페이스 회로를 설치한 실험장치의 사진

을 나타낸다. 캐리지는 조정스위치에 의해서 주행속도를 최대 1200[mm/min]까지 조정 가능하며, 한 개의 용접 토치를 장착할 수 있는 홀더를 가지고 있다. 인터페이스 회로에서 용접선 추적센서 출력 값에 따라 DC 모터의 회전방향과 속도를 제어하여 모터구동 슬라이드를 캐리지 주행방향의 좌우로 움직임으로써 용접선 추적을 가능하게 한다.

3.2 삼각파 형태의 용접선 추적실험 및 결과

1) 실험조건 및 방법

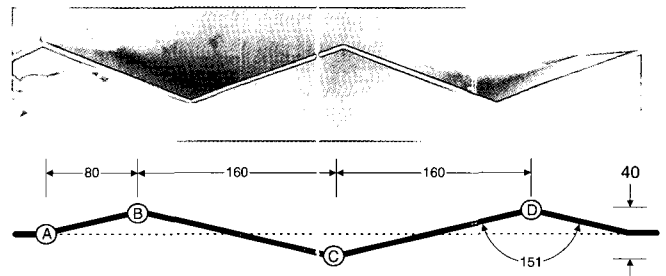


Fig. 6. Photograph and schematic of manufactured seam 's dimension and unit[mm].

Fig. 6은 용접선 추적실험을 위해 제작한 삼각파 형태의 용접선 형상을 가진 모재의 사진과 그의 형상을 치수로 나타내고 있다. 본 논문에서 실험한 용접선의 폭은 좌우 최대 40[mm]이고, 캐리지는 A, B, C, D에서 방향전환 주행을 동시에 하면서 용접선을 추적하게 된다. 추적실험은 기준위치 전압 Vd1이 2.5[V]일 때 캐리지의 주행속도 300, 400, 500, 600[mm/min]으로 변경하여 용접선 추적실험을 하고 100[ms]마다 센서출력 전압과 용접선 추적상태를 비교분석 하였다.

기준위치 전압이 2.5[V]이고 캐리지 주행속도를 300, 400, 500, 600[mm/min]으로 했을 때 센서출력 전압값의 변화와 로터리 엔코더 펄스를 샘플링 한 데이터를 통해 용접선 추적상태를 나타낸 것이다.

2) 삼각파 형태 모재의 용접선 추적실험

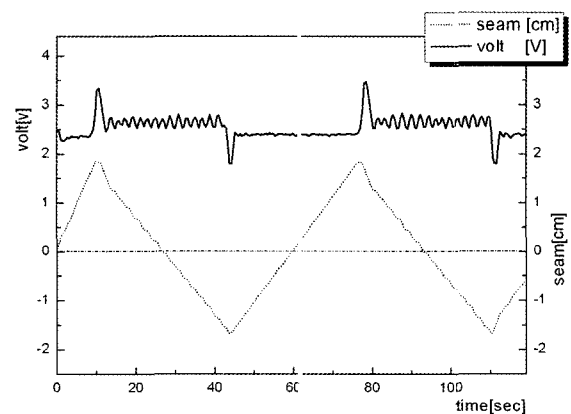


Fig. 7. Sensor and encoder output (at Vd1 : 2.5[V], carriage speed : 300[mm/min]).

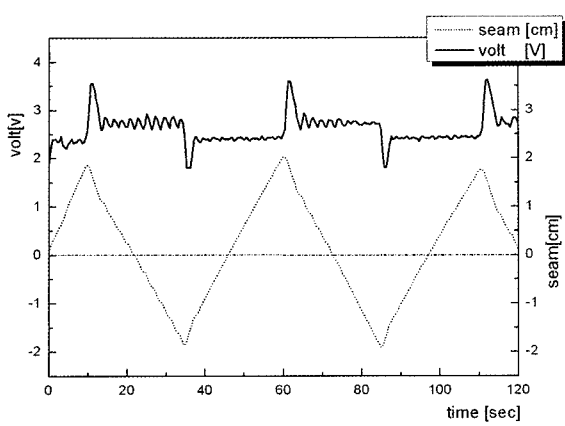


Fig. 8. Sensor and encoder output (at $V_{d1} : 2.5[V]$, carriage speed : $400[mm/min]$).

Fig. 7, Fig. 8은 캐리지 주행속도 300, 400 [mm/min]일 때 센서출력 전압과 용접토치의 좌우 이동량을 나타낸 것이다. 센서출력 값이 안정되어 있으며 A, B, C, D 점의 용접선 변화에 대해서도 용접토치가 잘 추적함을 알 수 있다.

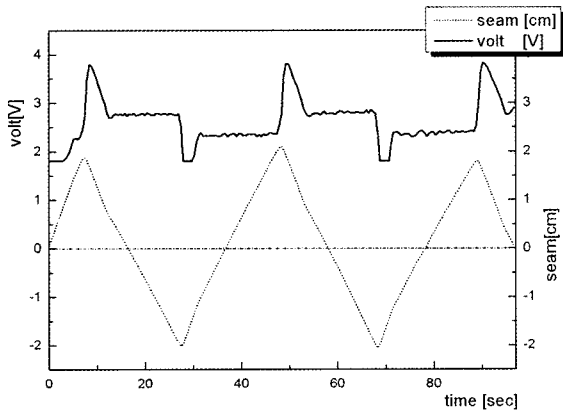


Fig. 9. Sensor and encoder output (at $V_{d1} : 2.5[V]$, carriage speed : $500[mm/min]$).

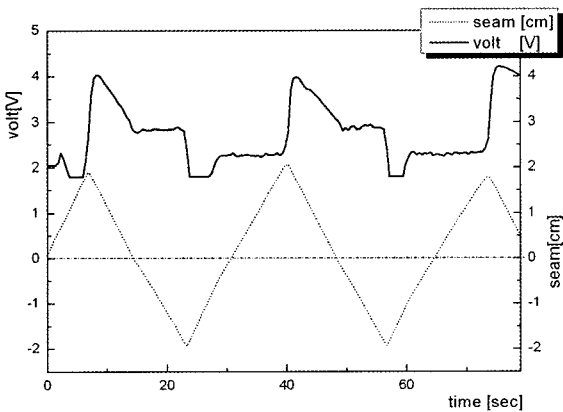


Fig. 10. Sensor and encoder output (at $V_{d1} : 2.5[V]$, carriage speed : $600[mm/min]$).

Fig. 9, Fig 10은 캐리지 주행속도 500, 600 [mm/min]일 때 센서출력 전압과 용접토치의 좌우 이동량을 나타낸 것이다. 센서 출력 값이 주행속도 300, 400 [mm/min]에서와 비슷한 형태를 나타냈지만 A, B, C, D 점의 용접선 변화에 대해서 빨리 적응을 하지 못하였다. 특히 B, C점 근처는 모터의 회전이 반대로 바뀌는 구간임과 동시에 캐리지의 주행속도가 빠른 관계로 센서출력 전압이 기준위치 전압에서 크게 벗어났고, 안정화되기까지 많은 시간이 걸렸지만 용접토치는 비교적 용접선을 잘 추적하고 있음을 알 수 있다. 또, 주행속도가 500 [mm/min] 보다 600 [mm/min]에서 즉, 주행속도가 증가함에 따라 용접선 변화에 대해서 더 빨리 적응을 하지 못함을 센서출력 전압값의 변화로 확인할 수 있었다.

3) 삼각파 형태 모재의 용접실험

삼각파 형태의 용접모재에 실제 용접기를 사용해 용접선 추적실험 및 접합부의 용접상태를 비교분석하기 위해 CO₂용접기를 사용했으며 두께가 2 [mm]의 박판인 것을 감안하여 여러 차례의 모의테스트 실험을 결과, 용접을 위한 최적조건으로 용접전류, 전압을 190 [A], 22 [V]로 조정하고 1.2 [mm] 와이어를 사용하였다.

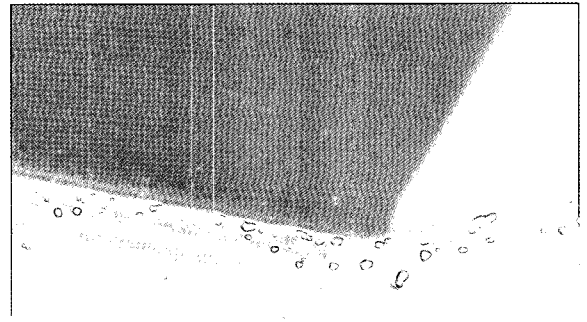


Fig. 11. Photograph of welding experiment result (carriage speed : $400[mm/min]$).

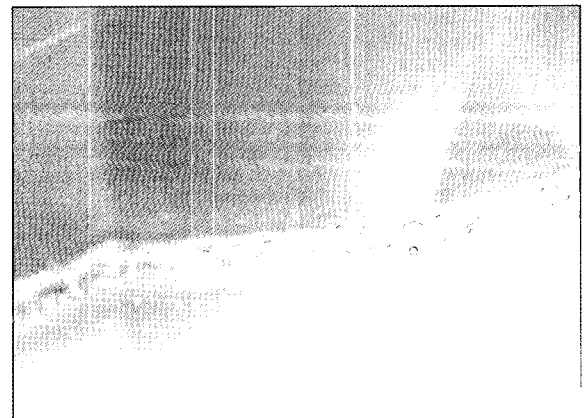


Fig. 12. Photograph of welding experiment result (carriage speed : $500[mm/min]$).

Fig. 11은 용접속도가 400[mm/min]일 때의 용접실험결과로 용접선 추적상태 및 용접상태가 비교적 양호함을 확인할 수 있다. 또, Fig. 12는 캐리지 주행속도가 500[mm/min]의 용접선 추적실험으로 용접선변화에 빠르게 추적을 하지 못해 정확한 위치에서 벗어난 부분에 비드를 만들어 용접상태가 불량함을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

이동용 캐리지에 용접선 추적센서, 모터구동 슬라이드, 로터리 엔코더, 인터페이스 회로를 설치한 자동 용접용 캐리지를 구성하여 삼각과형 형태의 모재의 용접선 추적 및 용접실험에 적용해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 센서로드의 기준위치 전압 2.5[V], 캐리지 주행속도 400[mm/min]이하일 때 용접선 변화에 대해 잘 추적함을 확인하였다.
2. 센서로드의 기준위치 전압 2.5[V], 캐리지 주행속도 500[mm/min]이상에서 센서 출력전압은 오버슈트가 크고 변곡점의 B, C점 부근에서 슬라이드 모터 속도가 느려 안정화되기까지 많은 시간이 걸림을 알 수 있었고, 이를 해결하기 위해서는 센서의 감도 조정 및 모터 속도제어연구가 더 이루어져야 할 것으로 사료된다.
3. CO₂용접기를 이용한 실재의 용접실험결과 캐리지 주행속도 400[mm/min]에서 양호한 용접상태를 확인할 수 있었다.

이와 같은 추적성능 및 용접결과를 볼 때, 캐리지를 이용한 길이가 긴 직선 용접 및 수직 용접 분야에 이를 적용하게 되면, 기존에 한 사람이 한대의 캐리지를 이용하여 용접을 해 온 것

에 비해, 센서를 이용한 자동용접으로 인해 여러 대의 캐리지를 한 사람이 관리할 수 있어 생산성 향상 및 용접품질 향상을 가져올 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 배철오(2001), 직각 좌표 로봇을 이용한 용접선 추적방법에 관한 연구, 한국해양대학교 대학원, 공학박사학위논문, pp 10-16.
- [2] 안병원·박중순·배철오·이문철·채길호(2004), 선박용접용 용접기 오토캐리지장치, 실용신안등록 제0354867호.
- [3] 안병원·배철오(2005), 스트레인게이지를 응용한 용접선 추적센서, 등록특허 제0495788호.
- [4] 안병원·배철오·김현수(2003), 스트레인 게이지를 이용한 접촉식 용접선 추적 센서에 관한 연구, 한국해양정보통신학회지, 제7권 5호, pp.1019-1025.
- [5] 오토 캐리지(2004), <http://www.koweld.co.kr>
- [6] 이용우(2005), 오토캐리지의 용접선추적센서에 관한 연구, 목포해양대학교 대학원, 공학석사학위논문, pp. 4-10.
- [7] 이철원·나석주(1993), 용접자동화를 위한 시각센서, 대한용접학회지 제11권, pp.10-21.
- [8] J.D. Lane(1987), Robot'ic welding, IFS(Publications) Ltd. UK, pp 1-10.

원고접수일 : 2006년 3월 10일

원고채택일 : 2006년 4월 01일