

컨테이너박스용 용접선 추적거동에 관한 연구

안병원† · 배철오* · 김현수*

(원고접수일 : 2006년 3월 14일, 심사완료일 : 2006년 4월 19일)

A Study on the Seam Tracking Behavior for container box's welding

Byong-Won Ahn† · Cheri-O Bae* · Hyun-Soo Kim*

Abstract : The probe type sensor using strain gauges was used to track a container box's seam in this paper. A strain gauge has a property which the specific resistance is changed by varying of the sectional area and length when tensile and compressive stresses are generated at the strain gauge. We designed the automatic seam tracking device by attaching the probe type strain gauge sensor, motor driving slide, encoder to check the moving distance and interface card connected MPU upside the speed controllable carriage. The folded work piece for a container box is made to examine whether the device can track the seam automatically or not. Seam tracking experiments were done by changing the carriage moving speed at 300, 400, 500, 600[mm/min] each as the voltage of side track was 2.5[V]. We compared and analyzed the sampling data which is obtained by output voltage of strain gauge sensor and rotary encoder pulse every 100[m/s]. The welding experiments were performed by using CO₂ welding machine about the carriage moving speed that has good seam tracking condition in the seam tracking experiments above. And we compared the seam tracking status.

Key words : Seam tracking(용접선 추적), Container box(컨테이너 박스), Strain gauge(스트레인게이지), MPU(마이크로 프로세서 유닛), Side track(측면 추적)

1. 서 론

용접선을 추적할 때 용접모재에 센서를 접촉시켜 검출하는 방법과 용접모재에 접촉시키지 않고 용접선을 검출하는 방법이 있으며, 전자를 접촉식이라 하고, 후자는 비접촉식 센서라 하여 이들은 여러 종류로 다시 나누어진다⁽¹⁾⁻⁽³⁾. 여러 종류의 센서

중에서 용접 모재에 센서가 접촉을 하여 진행함으로써 간단하게 용접선을 검출하는 접촉식 프로브 센서가 가장 많이 사용되고 있다. 본 논문에서는 인장, 압축 시 단면적과 길이 변화에 따라 스트레인게이지의 고유저항이 변하는 성질을 이용하여 프로브 센서형태의 용접선 추적센서를 이용하였다^{(4),(5)}.

† 책임저자(목포해양대학교 기관시스템공학부), E-mail: ds4cbt@mmu.ac.kr, Tel: 061)240-7102

* 목포해양대학교 기관시스템공학부

속도제어가 가능한 캐리지에 적용하고^[6], 모터구동 슬라이드, 실제 추적량 측정에 필요한 로터리 엔코더, MPU와의 연계를 위한 인터페이스회로를 설치하여 자동으로 용접선을 추적할 수 있게 설계하고, 이를 검정하기 위해 절곡된 용접모재를 제작하여 센서로드의 기준위치 전압이 2.5[V]일 때 주행 속도 300, 400, 500, 600[mm/min]으로 변경하여 용접선 추적실험을 하고, 100[ms]마다 센서출력 전압과 로터리 엔코더 펄스를 샘플링하여 데이터를 비교분석 하였다. 또 이들 중 용접선 추적상태가 비교적 양호한 캐리지 주행속도에 대해서 CO₂ 용접기를 이용한 용접실험에 적용해 봄으로써 용접선 추적상태는 물론, 모재의 용접상태도 비교하여 보았다.

2. 시스템의 설계

2.1 용접선 추적원리

두 가지 금속재료를 붙이기 위해 일반적으로 아크 용접을 많이 사용하고 있는데 모재의 두 부분이 맞닿는 부분 즉, 용접선을 심(seam)이라 하고 그 심을 추적하는 것이 심트래킹(seam tracking)이다. 심을 찾기 위해서는 센서가 필요하고 심트래킹을 위한 시스템의 기본은 Fig. 1과 같다.

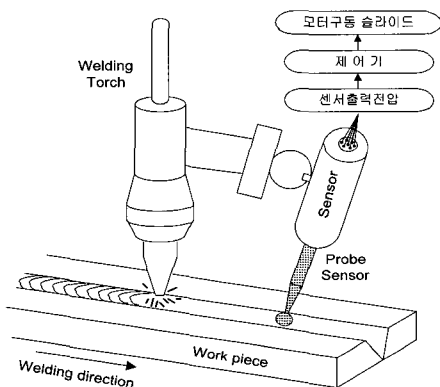


Fig. 1 Seam tracking by probe sensor

센서는 크게 나누어 모재에 센서 접촉 여부에 따라서 접촉식과 비접촉식으로 나누어지는데, Fig. 1은 접촉식 프로브 센서에 의한 용접선의 추적원리

를 간단히 설명하고 있다. 용접 모재의 용접할 홈에 접촉한 상태로 진행을 하고 용접선의 좌우, 상하 위치변화를 아날로그 신호로써 출력하게 된다. Fig. 2는 프로브 센서에 의한 용접선 추적원리를 설명하기 위해 Fig. 1의 점선으로 그려진 원부분을 상세하게 그린 그림이다. 센서의 위치가 A인 경우에는 프로브가 직선으로 서 있어서 아무런 오차신호를 발생하지 않아 홈을 따라 계속 이동하게 되나, 센서의 위치가 B나 C의 위치에 놓이게 되면 센서의 프로브가 휘게 되고, 이 휘어진 정도에 따라 오차 출력을 발생하게 된다. 이 변화된 신호는 토치를 구동시키는 모터를 동작시켜 프로브 센서의 위치가 항상 A위치에 놓이도록 하여 가운데 홈을 따라 용접선을 추적하게 된다.

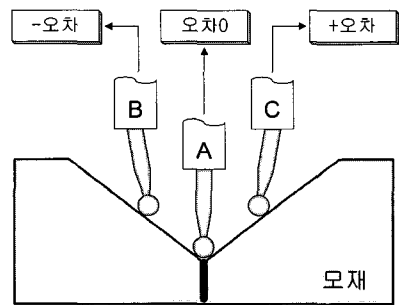


Fig. 2 The principle of seam tracking

2.2 시스템의 구성

본 논문에서 설계한 용접선 추적시스템을 Fig. 3에 나타내었다. 시스템은 반자동 캐리지에 용접선 추적센서, 모터구동 슬라이드, 증폭기, 드라이버, 제어기를 설치하여 구성하였다.

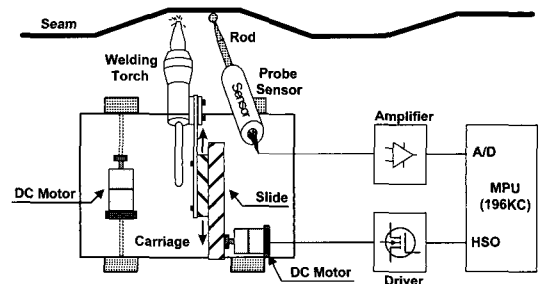


Fig. 3 Seam tracking system with developed sensor

모터구동 슬라이드는 캐리지에 부착되어 있는 X 방향으로 움직이며 용접선을 따라 움직이는 역할을 하고 직류전동기에 의해 구동된다. 용접선 추적 센서는 출력 값에 따라 직류전동기의 회전방향과 속도를 제어하여 캐리지 주행방향의 좌우로 토치와 센서를 이송하게 하여 센서의 오차가 제로가 되는 점을 유지하게 하여 용접선을 추적한다. 또, 직류전동기 축에 로터리 엔코더를 베벨기어로 설치하여 용접선 추적량을 측정하여 추적한 값과 실제값이 맞는지 확인할 수 있도록 하였다. 증폭기를 포함한 인터페이스 회로는 센서에서 출력된 전압신호를 증폭하고, X방향 슬라이드에 부착된 직류전동기를 제어하는 역할을 한다. MPU인 제어기는 센서의 전압신호를 입력받아 직류전동기의 회전방향과 속도를 제어하는 역할을 한다.

2.3 제어프로그램

Fig. 4에 전체적인 용접선 추적을 위한 알고리즘을 나타내고 있다. 센서에서 들어온 값 AD0와 사이트트랙 값인 AD1 단자의 A/D 변환 값을 Vd0, Vd1 변수에 저장한다. Vd1은 센서 로드의 기준위치, Vd0는 센서로드의 현재 위치의 디지털 값이다. Vd0 와 Vd1이 같으면 기준위치와 현재위치가 일치하므로 PWM파형을 출력하지 않는다. Vd0 값이 크면 센서 로드가 기준위치 보다 오른쪽으로 휘어져 있으므로 직류전동기를 정방향으로 회전시켜 센서와 용접토치를 왼쪽으로 이동시킨다. 반대로, Vd0 값이 작으면 왼쪽으로 휘어져 있으므로 직류전동기를 역방향으로 회전시켜 센서와 용접토치를 오른쪽으로 이동시킨다. Vd0 와 Vd1의 차이가 클수록 PWM 출력 값이 커지게 된다.

모터구동 슬라이드의 속도제어는 PWM제어를 이용하여 주기를 5[ms]로 하여 매 주기마다 인터럽트가 발생하면 모든 HSO 핀을 Low 신호로 클리어 시킨다. 모터의 방향 M_DIR의 변수값이 1이면 HSO_Command에 HSO.0 핀 Set 명령, 2이면 HSO.1 핀 Set 명령을 라이트하고, HSO_Time은 메인 서비스 루틴에서 계산된 Pwm_Out 값을 라이트한다. 5[ms] 후에 인터럽트가 다시 발생할 수 있도록 Timer2 시정수를 라이트하고 인터럽트 대기상태가 된다.

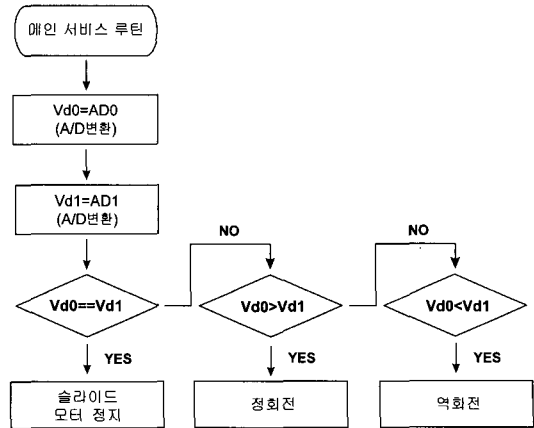


Fig. 4 Flowchart of motor driving for seam tracking algorithm

3. 실험 및 고찰

3.1 실험장치

Fig. 3에서와 같이 수평 필렛 용접용 캐리지에 본 논문에서 제작한 용접선 추적센서, 모터구동 슬라이드, 직류전동기, 인터페이스 회로를 설치하여 실험 장치를 구성하였다. 캐리지는 조정스위치에 의해 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 직류전동기의 회전방향과 속도를 제어하여 모터구동 슬라이드를 캐리지 주행방향의 좌우로 움직이므로써 용접선 추적을 가능하게 한다.

3.2 컨테이너 박스의 용접선 추적실험 및 결과

3.2.1 실험조건 및 방법

Fig. 5는 용접선 추적실험을 위해 제작한 컨테이너 박스의 외부 철판의 용접선 형상을 가진 모재의 사진과 그림을 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 용

접선 추적상태를 비교분석 하였다.

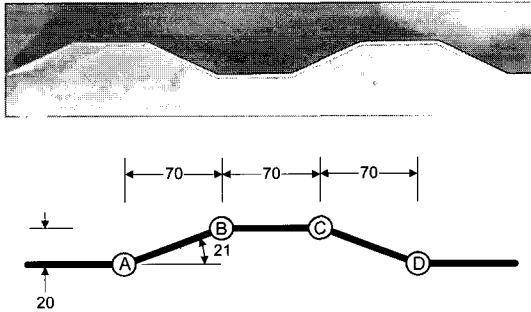


Fig. 5 Photograph and schematic of manufactured seam's dimension and unit[mm]

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

3.2.2 컨테이너 박스의 용접선 추적실험

Fig. 6, Fig. 7은 캐리지 주행속도 300, 400 [mm/min]일 때 센서출력 전압과 용접토치의 좌우 이동량을 나타낸 것이다. 그래프의 상단의 센서 출력을 나타낸 전압파형이 안정되어 있으며, 변곡점 부분인 A, B, C, D 점의 용접선 변화에 대해서도 용접토치가 잘 추적함을 알 수 있다.

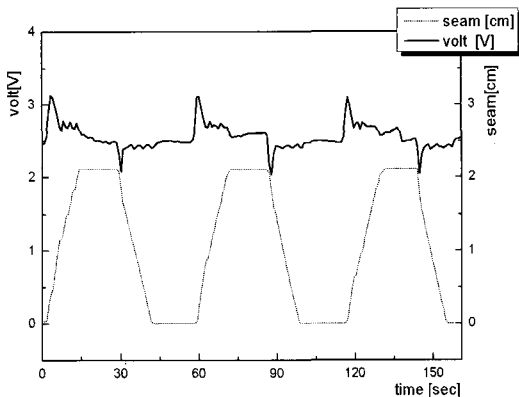


Fig. 6 Sensor and encoder output (at Vd1 : 2.5[V], carriage speed : 300[mm/min])

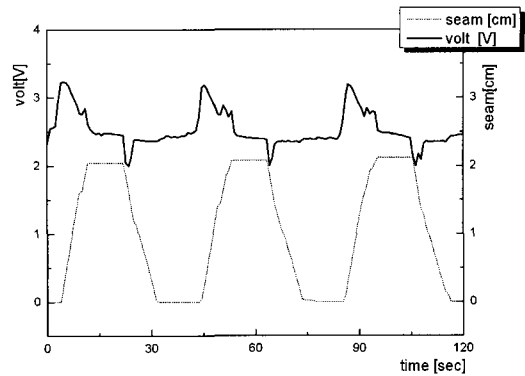


Fig. 7 Sensor and encoder output (at Vd1 : 2.5[V], carriage speed : 400[mm/min])

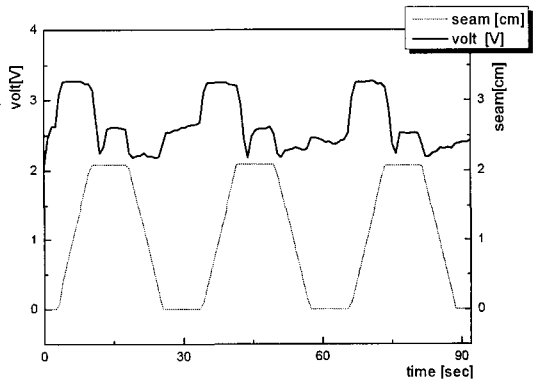


Fig. 8 Sensor and encoder output (at Vd1 : 2.5[V], carriage speed : 500[mm/min])

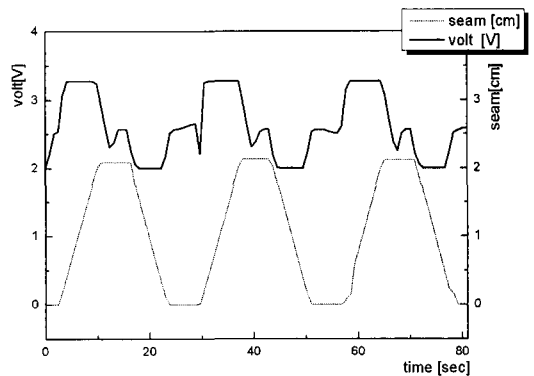


Fig. 9 Sensor and encoder output (at Vd1 : 2.5[V], carriage speed : 600[mm/min])

Fig. 8과 Fig 9는 캐리지 주행속도 500, 600 [mm/min]일 때 센서출력 전압과 용접토치 좌우 이

동량을 나타낸 것이다. 센서출력 값을 주행속도 300, 400 [mm/min]과 비교할 때 용접선이탈 현상이 나타났으며 A, B, C, D 점의 용접선 변화에 대해서도 빨리 적응을 하지 못하였다. 특히 A, C점 근처에서 센서출력 전압이 기준위치 전압에서 벗어났고, 안정화되기까지 많은 시간이 걸렸다.

3.2.3 컨테이너 박스의 용접실험

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

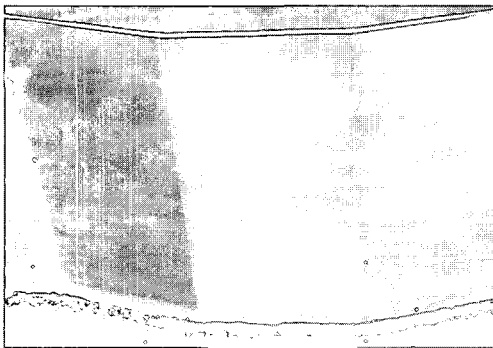


Fig. 10 Photograph of welding experiment result (carriage speed : 400[mm/min])

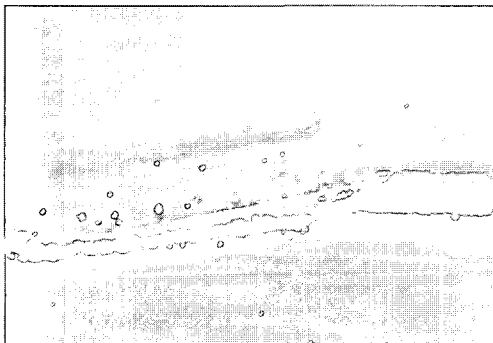


Fig. 11 Photograph of welding experiment result (carriage speed : 500[mm/min])

Fig. 10은 용접속도가 400[mm/min]일 때를

용접실험결과로 용접선 추적상태 및 용접상태가 비교적 양호함을 확인할 수 있다. 또, Fig. 11은 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 캐리지(Auto carriage)를 구성하여 실험에 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 실험으로 확인하였다.
2. 센서로드의 기준위치 전압 2.5[V], 캐리지 주행속도 500[mm/min]이상에서 센서 출력전압은 오버슈트가 크고 변곡점의 A, C점 부근에서 슬라이드 모터 속도가 느려 안정화되기까지 많은 시간이 걸림을 알 수 있었다.
3. CO₂용접기를 이용한 실험결과 본 용접을 위한 최적조건으로 용접전류, 전압을 190[A], 22[V]로 조정하고 1.2[mm] 와이어를 사용하였을 때, 캐리지 주행속도 400[mm/min]에서 양호한 용접상태를 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] 유제용외 4인, "LNG 탱크의 주름진 내벽박판용 자동용접시스템의 개발에 관한 연구", 대한용접학회지 제14권 제1호 pp. 62-69, 1996
- [2] 배철오, "직각 좌표 로봇을 이용한 용접선 추적방법에 관한 연구", 한국해양대학교 대학원, 공학박사학위논문, 2001
- [3] R.W. Richardson, "Robotics weld joint tracking systems. Theory and implementation methods. Welding Journal", Vol. 65, No. 11, pp. 43-51, 1986.

- [4] 이용우, "오토캐리지의 용접선추적센서에 관한 연구", 목포해양대학교 대학원, 공학석사학위 논문, 2005
- [5] 안병원의 5인, 스트레인지어를 응용한 용접선 추적센서, 특허 제0495788호, 2005년 06월 08일 등록
- [6] <http://www.koweld.co.kr>



배철오 (Cherl-O Bae)

1993년 2월 : 한국해양대학교 기관공학과 학사, 1997년 8월 : 한국해양대학교 기관공학과 석사, 2001년 8월 : 한국해양대학교 기관공학과 박사, 2002년 3월~현재 : 목포해양대학교 전임강사, 조교수



김현수 (Hyun-Soo Kim)

1993년 2월 : 한국해양대학교 기관공학과 학사, 1999년 2월 : 목포해양대학교 기관공학과 석사, 2002년 2월 : 한국해양대학교 기관공학과 박사, 2002년 3월~현재 : 목포해양대학교 전임강사, 조교수

저 자 소개



안병원 (Byong-Won Ahn)

1986년 2월 : 한국해양대학교 기관공학과 학사, 1991년 2월 : 한국해양대학교 기관공학과 석사, 1996년 2월 : 한국해양대학교 기관공학과 박사, 1996년 3월~현재 : 목포해양대학교 기관시스템공학부 전임강사, 조교수, 부교수, 2002년 1월~2003년 1월 : 일본 큐슈대학 Post Doc.