

컨테이너 제작을 위한 용접선 추적에 관한 연구

표종우^{*} · 안병원^{*} · 엄한성^{*} · 남택근^{*}

^{*}목포해양대학교

A Study on the Seam tracking for container box manufacture

Jong-Woo Pyo^{*} · Byong-Won Ahn^{*} · Han-Sung Eom^{*} · Taek-Kun Nam^{*}

^{*}Mokpo Maritime University

E-mail : pyo9621@mmu.ac.kr

요 약

현재 조선 산업의 대형 블록제작 용접공정에서 용접용 캐리지(Carriage)를 이용한 반자동 용접 방법이 많이 사용되고 있다. 여기서의 캐리지는 수평 필렛 용접에서 용접 토치를 이송해 주는 장치이지만, 로봇 용접방법처럼 용접선을 추적하는 기능이 없어 곡선용접에는 사용이 불가능하며, 단순히 직선용접에만 사용할 수 있다. 또, 용접선을 추적하는 기능이 없기 때문에 직선용접에서도 용접오류가 자주 발생하여 이를 수정하는데 많은 시간과 비용이 소요되고 있다. 이에 본 논문에서는 현재 사용하고 있는 캐리지에 스트레인 게이지를 이용한 용접선 추적 센서와 80C196KC 마이크로컨트롤러를 추가 설치하여 직선 및 곡선용접에서 용접선을 자동으로 추적할 수 있는 시스템을 개발하여 사선 모형 및 컨테이너 박스 모형 용접선을 제작하여 추적현상에 대해 고찰하여 보았다.

ABSTRACT

Semi automatic welding method to use carriage for welding at large size block manufacture welding process of present shipbuilding industry is used much. Carriage is device that transfer welding torch in horizontal fillet weld here, but because it is no function that chase welding like robot welding method, use can be impossible in curved line welding, and simply use in straight line welding . Also, because it is no function that chase welding, though welding mistake corrects this happening often in straight line welding, much times and expense are cost. Added welding chase sensor and 80C196KC microcontroller that use strain gauge to carriage that is using present in paper that see hereupon and manufacture a private line model and container box model welding because developing system that can chase welding automatically straight line and curved line welding establishing and investigate about chase phenomenon.

키워드

Strain gauge(스트레인 게이지), contact seam tracking sensor(접촉식 용접선 추적 센서), container box(컨테이너 박스)

1. 서 론

오늘날 용접은 가장 널리 사용되는 금속접합 기술이며 조선, 자동차, 항공, 플랜트설비 등 산업현장의 여러 분야에서 활용되고 있는 근대산업의 기본적인 생산기술이다. 그러나, 용접공정은 작업 환경이 매우 열악한 상황에 노출되어 있는 부분이고 용접사의 기능에 따라 제품의 균일성에 많

은 차이를 보일 수 있는 민감한 작업이며 현재 금속가공분야의 증가에 따라 금속을 가공하고 접합하는 용접의 활용분야는 점점 더 증가하고 있는 게 사실이다. 게다가 숙련된 용접 기술자들의 인건비는 상승하고 부족한 기술자들을 구하는 것도 쉽지 않은 실정이다. 이러한 인력수급의 어려움으로 용접작업을 자동화하려는 노력은 지속되고 있으나, 용접작업 자체가 강한 빛, 강한 전류를 발생하고 있으며 다품종 소량 생산하는 작업

특성상 규격화된 물건을 만들어 내는 제조업에 비해서는 그 자동화가 어려울 뿐만 아니라 매우 더딘 편이다. 용접자동화를 위한 중요한 요건 중 하나인 용접선을 추적하는 센서에 관한 연구도 많이 진행되고 있지만, 근래 다른 산업전반에 응용하고 있는 영상처리 관련 센서에 의한 용접의 경우에는 용접 시 발생하는 강한 빛과의 간섭으로 정확한 용접선을 검출하기가 쉽지 않다. 따라서 아직도 중소 금속 가공업체들은 모재와 접촉하지 않고 용접선을 추적하는 비접촉식 센서보다는 모재와 센서가 접촉하여 용접선을 추적하는 접촉식 센서를 주로 활용하여 용접선을 추적함으로써 용접자동화에 이용하고 있다. 또, 접촉식은 비접촉식에 비해 정밀도는 좀 떨어지나 간단하게 저가로 실현할 수 있는 특징이 있어 아직까지 많이 사용되고 있다. 접촉식 중 가장 많이 사용하고 대표적인 것이 프로브(probe)센서이고, 센싱방법에 있어서는 주로 접촉식과 차동변압기의 원리를 이용한 것들이 대부분이다. 본 논문에서는 현재 사용되고 있는 이들 센싱방법 대신 스트레인 게이지를 이용하여 용접선 추적센서를 제안하였고, 이를 기존의 반자동 직선 용접에만 사용이 가능한 C사의 수평 필렛 용접용 CS-5A 캐리지(Carriage)에 용접선 추적센서로 장착하여 적용한 결과 직선 및 곡선용접에서 용접선을 자동으로 추적할 수 있는 시스템을 개발하였으며 우선, 사선모형 및 컨테이너 박스(Box) 모형 용접선을 제작하여 추적현상을 실험을 통해 고찰하여 보았다.

II. 용접선 추적센서

1. 접촉식 프로브 센서의 추적원리

그림 1에 접촉식 프로브 센서에 의한 용접선의 추적원리를 나타내고 있다. 센서는 용접모재의 용접할 홈에 접촉한 상태로 진행을 하고 용접선의 좌우, 상하 위치변화를 아날로그 신호로써 출력하게 된다. 이 변화된 신호는 토치를 구동시키는 모터를 동작시켜 프로브 센서의 위치를 추적하도록 한다. 본 논문에서는 이 센서부분을 스트레인 게이지의 저항변화를 응용하여 아날로그출력을 내어 위치변화를 검출하게 된다.

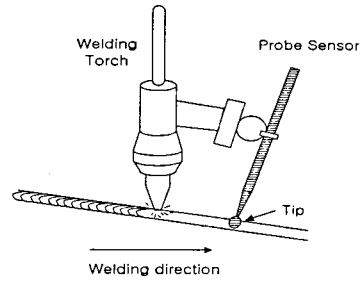


그림 1. 접촉식 프로브 센서의 용접선 추적 원리

2. 스트레인 게이지를 이용한 센서신호의 증폭
스트레인 게이지는 저항체의 변화량에 따라 저항이 변화하는 성질을 이용하여 스트레인을 측정하는 게이지로 정적구조물의 응력측정 뿐만 아니라, 자동차, 비행기 등과 같은 동적물체의 응력 및 진동측정 등 여러 분야에 사용되고 있다. 물체의 고유저항을 이용한 센서로서 식(1)과 같이 나타낼 수 있다. 압축과 인장에 의해 면적 A와 길이 l의 변화가 저항의 변화를 가져오고 이로 인해 전압의 변화를 일으키게 된다.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (\text{단, } \rho : \text{고유저항}) \quad (1)$$

또한 측정하고자 하는 대상과 스트레인 게이지가 서로 일체가 되어 붙어 있으므로 측정대상이 변형을 일으키면 그만큼 스트레인 게이지도 변형을 일으키게 된다. 즉 측정대상의 변형값과 저항의 변화값과는 서로 비례를 하게 되고, 이는 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\Delta R}{R} = K \frac{\Delta l}{l} = K \epsilon \quad (2)$$

여기서, l은 길이, ε은 변형률, K는 스트레인 게이지의 gauge factor를 나타낸다. 그리고, 이러한 스트레인 게이지의 변형률에 의한 저항변화를 ΔR/R을 전압신호로 변환시켜 측정을 할 수 있게 하는 회로에는 대표적으로 휘트스톤 브리지회로를 일반적으로 사용하고 있어 본 논문에서도 이를 이용하여 전압신호를 얻고 있다.

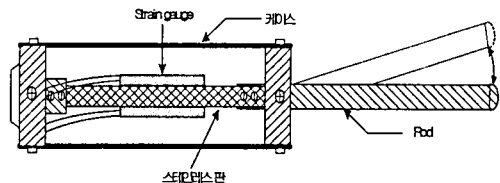


그림 2. 설계한 용접선 추적센서

그림 2는 본 논문에서 설계한 용접선 추적센서를 나타낸 것이다. 탄성이 좋은 0.5t 스테인레스 판의 양면에 스트레인 게이지를 각각 부착하고, 한쪽 끝에 로드(Rod)를 설치하여 이 로드가 움직임에 따라서 스테인레스 판은 인장, 수축을 하게 되고, 이때 변화된 스트레인 게이지의 저항값을 차동증폭기를 이용하여 증폭하여 모터의 제어 신호로 사용한다.

그림 3에는 휘트스톤 브리지회로를 이용한 스트레인 게이지 저항변화를 측정하기 위한 전압증폭회로를 나타내고 있다.

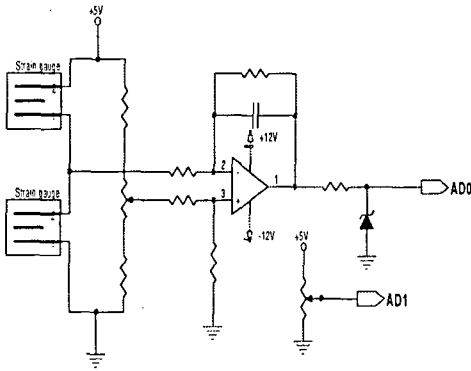


그림 3. 스트레인 게이지 센서의 증폭회로

3. DC 모터 구동회로 및 제어

그림 4는 스트레인 게이지에서 나오는 신호를 증폭하여 그 전압신호와 삼각파를 비교하여 PWM 파형을 만든 회로를 나타낸다. 파워드라이버 부분은 파워 MOSFET를 이용하여 제작하였고 직류전동기를 정역전이 가능한 회로로 구성하였다.

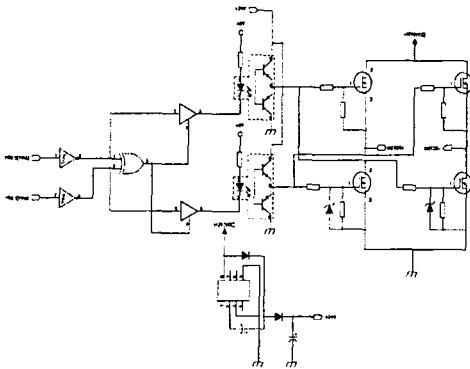


그림 4. DC 모터 구동회로

용접선 추적센서 출력 전압값에 따라 DC Motor의 회전방향과 속도를 제어하여 캐리지 주행방향의 좌우로 토치와 센서를 이송함으로써 용접선 추적을 가능하게 한다. 인터페이스 회로는 센서에서 출력된 전압신호를 증폭하고, 좌우방향 슬라이드에 부착된 DC Motor를 제어하는 역할을 한다. 제어기는 센서의 전압신호와 로터리 엔코더의 펄스를 입력받아 DC Motor의 회전방향과 속도를 제어하는 역할을 한다.

III. 실험 및 결과

1 실험장치

수평 필렛 용접용 캐리지에 본 논문에서 제작한 용접선 추적센서, 좌우 모터구동 슬라이드, DC Motor, 인터페이스 회로를 설치하여 실험장치를 구성하였다. 또, 좌우 모터구동 슬라이드를 기존의 스트로크 30[mm]에서 90[mm]로 증가시켰다. 그림 5는 실험장치의 전체적인 사진을 나타낸 것이다. 캐리지는 조정스위치에 의해서 주행속도를 최대 1200 [mm/min]까지 조정 가능하며, 한 개의 용접 토치를 장착할 수 있는 홀더를 가지고 있다.

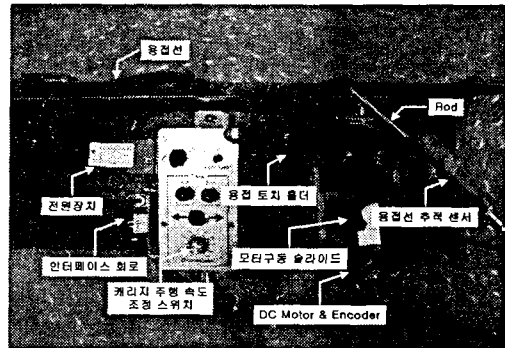
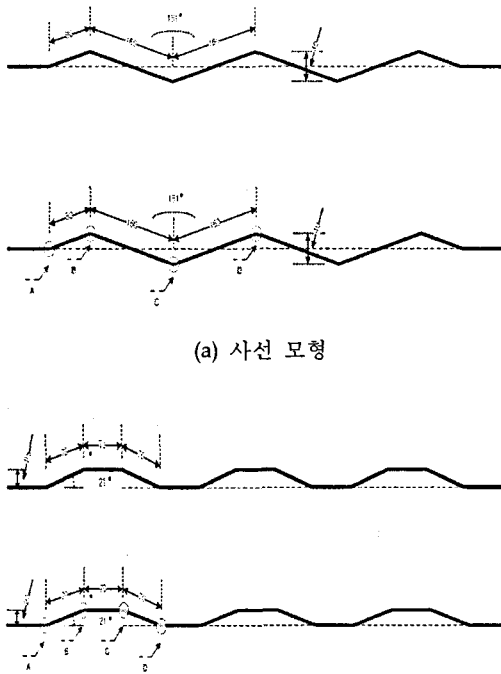


그림 5. 오토캐리지 사진

2 용접선 추적 실험 및 결과

그림 6의 (a)는 용접선 추적실험을 위해 제작한 사진모형 용접선의 형상이다. 모터구동 슬라이드의 최대 스트로크가 90[mm]이고 본 용접선의 폭은 좌우 최대 40[mm] 정도이므로 추적하는데 충분하다. 캐리지는 A, B, C, D 방향으로 주행하면서 용접선을 추적하게 된다. 추적실험 방법은 캐리지의 주행속도 200[mm/min]에서 기준위치 전압 v_d 를 2.5[V]일 때 용접선 추적 실험을 하고 100[ms]마다 센서출력 전압과 로터리 엔코더 펄스를 샘플링(Sampling)하여 데이터를 비교분석 하였다. 캐리지가 A점과 C점을 지나면서 센서로드는 왼쪽으로 휘어서 센서출력전압이 기준위치 전압 v_d 보다 급격히 낮아지게 되고, 제어기는 센서출력 값을 기준위치 전압과 같게 만들기 위해서 모터구동 슬라이드를 왼쪽으로 밀게된다. B점과 D 점을 지나면서 센서로드가 오른쪽으로 휘게되고

출력전압은 기준위치 전압보다 높아지게 되고, 제어기는 센서출력전압을 낮추기 위해서 모터구동 슬라이드를 오른쪽으로 밀게 된다. 또, 다음 실험은 그림 6의 (b)와 같이 컨테이너 박스 모형 용접선의 형상을 제작하여 실험하였다. 상기 실험과 마찬가지로 캐리지는 A, B, C, D 방향으로 주행하면서 용접선을 추적하게 되며 추적실험 방법도 상기 실험과 동일하다. 캐리지가 A점을 지나면서 센서로드는 왼쪽으로 휘어서 센서출력전압이 기준위치 전압 vd 보다 급격히 낮아지게 되고, 제어기는 센서출력 값을 기준위치 전압과 같게 만들기 위해서 모터구동 슬라이드를 왼쪽으로 밀게 된다. B점과 D점을 지나면서 센서출력 전압은 기준위치 전압과 비슷하게 되어 모터구동 슬라이드의 변화는 거의 없다. C점을 지나면서 센서로드가 오른쪽으로 휘게 되어 출력전압은 기준위치 전압보다 높아지게 되고, 제어기는 센서출력전압을 낮추기 위해서 모터구동 슬라이드를 오른쪽으로 밀게 된다.



(b) 컨테이너 박스 모형
그림 6. 제작한 용접선

그림 7은 사선 모형 용접선에 대해 캐리지 주행 속도 200[mm/min]일 때 센서출력 전압과 용접 토치의 좌우 이동량을 나타낸 것이다. 비교적 센서 출력 값이 안정되어 있으며 A, B, C, D 점의 용접선 변화에 대해서도 용접 토치가 잘 추적함을 알

수 있다.

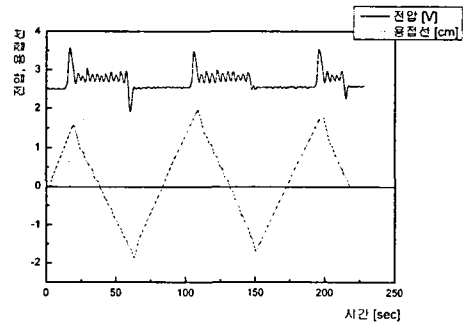


그림 7. 사선형 용접선 추적 실험
(vd 전압 : 2.5[V], 주행속도 200[mm/min])

그림 8은 컨테이너 박스 모형 용접선에 대해 캐리지 주행속도 200[mm/min]일 때 센서출력 전압과 용접 토치의 좌우 이동량을 나타낸 것이다. 비교적 센서 출력 값이 안정되어 있으며 A, B, C, D 점의 용접선 변화에 대해서도 용접 토치가 잘 추적함을 알 수 있다.

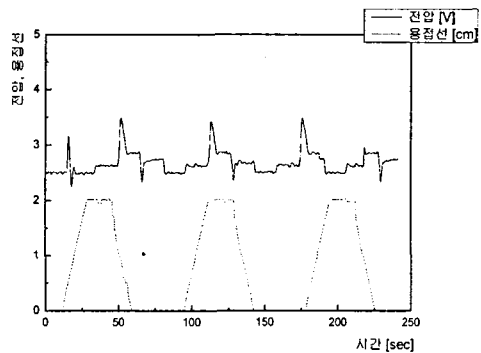


그림 8. 컨테이너 박스 모형 용접선 추적 실험
(vd 전압 : 2.5[V], 주행속도 200[mm/min])

IV. 결 론

용접용 오토캐리지에 용접선 추적센서, 모터구동 슬라이드, DC Motor, 로터리 엔코더, 인터페이스 회로를 설치한 실험장치를 구성하였고, 중심선을 기준으로 최대 좌우 폭 20[mm]의 용접선인 사선 모형 및 컨테이너 박스 모형을 만들어 캐리지 주행속도 200[mm/min]에 기준위치 전압 2.5[V]에서 용접선 추적 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 캐리지 주행속도 200[mm/min] 일 때 센서 출력 전압은 안정된 형태를 나타내었고, 용접 토치도 용접선 변화에 대해 잘 추적함을 실험으로 확인하였다.

2. 향후 실험을 통해 주행속도 증가 및 더욱 다양한 용접선 모형을 실험할 계획이며, 나아가 실제 용접토치를 설치 후 용접실험을 통한 추적현상 및 용접상태도 고찰할 예정이다.

참고문헌

- [1] Hirokazu Nomura : Sensor and Control Systems in Arc Welding, CHAPMAN & HALL
- [2] R.W. Richardson, "Robotics weld joint tracking system-Theroy and implementation methods. Welding Journal", Vol. 65, No. 11, pp.43-51, 1986
- [3] 이철원의, "용접 자동화를 위한 시각센서", 대한 용접학회지 제11권 제3호, pp. 10-21, 1993.
- [4] M. Aicault and J.P. Lalemand, "Joint tracking with a self-teaching system", Welding Journal, Vol. 69, No. 12, pp. 41-45, 1990
- [5] PowCon : Seam Tracker System Users Manual, 1990
- [6] [http:// www.korweld.co.kr](http://www.korweld.co.kr)
- [7] 배철오 : 직각 좌표 로봇을 이용한 용접선 추적방법에 관한 연구. 한국해양대학교 대학원, 공학박사학위논문, 2001
- [8] 안병원 : "용접선 학습기능을 가진 자동용접 장치의 개발에 관한 연구", 한국해양대학교 대학원, 공학박사 학위논문, 1996