

## 레이저 변위센서를 이용한 용접선 자동추적에 관한 연구 II

### A Study on Automatic Seam Tracking of Arc Welding Using an Laser Displacement Sensor

·양상민(충남대 대학원), 조택동(충남대 공대), 전진환(충남대 대학원)

#### ABSTRACT

Due to the variety of disturbance, it is not easy to accomplish the in-process detection of weld line with non-contact sensor. To get around this difficulties problem develop an automatic seam tracking weld system, the reliable signal processing algorithm has been recommended. In this research, laser displacement sensor is applied as a seam finder in the automatic tracking system. The sensor is controlled by a dc servo motor which is mounted at X-Y moving table. X-Y moving table manipulated by an ac servo motor controls the position and velocity of the welding torch. First, X-Y table moves to Y-axis to search the welding joint feature before starting the welding, and welding joint is from the scanning data and weighting factor for each other. Second, weld line is determined using proposed signal processing algorithm during welding process.

From the experimental results, we could see the possibility that the laser displacement sensor with proposed algorithm can be used as a seam finder in welding process under the severe noise(spatter, arc light etc.) condition.

#### 1. 서론

기계가공분야에서 용접이 차지하는 비중은 새로운 재료의 개발 및 응용분야의 확대와 더불어 증가되었지만 용접의 자동화는 자동차공업의 일반 생산 라인의 점용접 공정외에는 아직 크게 보편화 되지 못하고 있는 실정이다. 그러나 용접작업은 일반 기계가공 공정에 비해 보다 힘들고, 상대적으로 유해한 환경에서 행하여 진다는 점에서 어려운 작업으로 인식되어 있는 상황이므로 사회의 전반적인 생활 수준 향상과 더불어 숙련된 용접인력 공급의 문제를 겪게 될 전망이다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 용접공정의 자동화는 필수적이고 이를 위해 용접선을 스스로 감지해 추적하는 장치의 개발은 반드시 선행되어야 하는 문제이다.

용접선을 자동으로 추적하기 위해서는 용접선의 위

치와 형상을 독자적으로 인식하여 정보를 획득할 수 있는 성능 좋은 센서가 요구된다. 현재 가장 널리 쓰이고 있는 아크센서는 용접선 형상의 변화에 따라 아크전류와 아크전압이 변하는 특성을 이용하여 용접선을 인식하는 방법이며 토치주위에 별도의 장치가 필요 없고 값이 싼 장점이 있는 반면 아크 안정성(stability)에 의존하고 반드시 위빙이 필요하기 때문에 제한적으로 이용되고 있다.<sup>[1]</sup>

와전류 형태의 센서(eddy-current sensor)는 센서와 용접물 사이의 거리가 증가하면 감도가 급격히 감소하며 전자간섭, 온도등의 주위환경의 변화에 민감하다.<sup>[2]</sup>

현재 가장 진보된 센서는 시각 센서(vision-based sensor)이며 용접선의 이음 면과 비드 형상 데이터, 용융풀의 윗면 형상등을 얻을 수 있기 때문에 용접 품질 제어를 할 수 있으며 광원의 형태에 따라 투영된 패턴을 이용하는 방식과 점 형태의 빛을 주사하

는 주사 빔(scanning beam)방식으로 구분할 수 있다<sup>[3]</sup>. 그러나 구조화된 빛과 카메라를 이용한 광학센서 시스템을 구성하기 위하여 레이저와 카메라 등의 비싼가격이 소요되고 복잡한 영상처리 프로그램이 수반되므로 용접속도가 느려지는 단점이 있다. 따라서 경제적이며 용접속도에 영향이 비교적 무시할 만한 센서의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 용접선을 검출하기 위한 센서로 레이저 변위 센서를 이용하였으며 아크광, 스펙터 등으로 인한 센서신호의 잡음을 줄이기 위해 신호처리 알고리즘을 개발하고 용접선을 검출, 추적하는 연구를 수행하였다.

## 2. 용접선의 인식

### 2.1 레이저 변위센서의 원리

레이저 변위센서는 레이저삼각법(laser triangulation)<sup>[4]</sup>을 이용한 거리측정 원리를 이용하고 있다. 이의 원리는 모재로부터 반사된 레이저 광을 렌즈로 집광하여 PSD (position sensitive detector)상에 반사된 위치로부터 센서까지의 거리를 알아내는 것이다. 정확한 거리 측정을 위해서는 표면반사가 균일해야 하며 비균일한 반사의 경우 중심점(centroid)이 이동하여 오차가 발생할 수 있어 거리 정확도가 모재 표면의 마이크로 구조에 의존되는 것을 알 수 있다. 그러나 필터링을 통해 이러한 문제를 어느정도 해결하고 있다.

본연구에서 사용한 레이저 변위센서는 D.M.S사의 SD120-R15를 사용하였으며 용접선의 기하학적 형상을 검출하기 위해 센서에서 용접시편까지의 거리를 측정하는데 이용된다. 기준측정거리(offset distance)가 120mm 이며 측정범위는 15mm 이다. 이 측정범위에 상당하는 아날로그 출력(analog output)이 5V 가 출력된다. 이 아날로그 출력을 A/D 변환하여 거리를 인식하게 된다. Fig. 1은 본 연구에서 사용된 레이저 변위센서의 원리를 도시한 것이다.

### 2.2 용접선의 검출 방법

용접선 추적을 위한 기준점을 찾기 위하여 용접경로의 직각방향으로 X-Y 테이블을 이동하면서 레이저 변위센서에서 용접시편까지의 거리를 샘플링마다 측정한다. 이때 얻어진 레이저의 출력신호를 N-step 이동평균을 적용하여 잡음이 포함

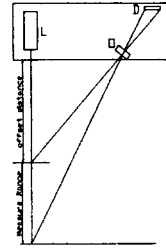


Fig.1 Principle of laser triangulation

된 신호를 평활시킨다. 레이저 변위센서는 시편의 형상과 시편의 표면에 매우 민감하기 때문에 센서의 신호를 N-step 평균을 취함으로써 신호에 대한 신뢰도를 높일 수 있다. 처리된 정보를 초기에 입력한 시편의 형상 데이터를 이용하여 N-step 이동평균값의 최대, 최소값의 가중치를 적용하면 레이저 출력신호는 최대,최소값만으로 결정된다. 처리된 신호에 1차 미분을 이용하여 기울기의 변화를 얻는다. 1차 미분값은 시편의 높이가 급변하는 용접이음부에서 가장 큰 절대값으로 존재하며 시편의 형상에 따라 용접선의 폭과 중앙점을 찾을 수 있다. 시편의 초기 용접선을 스캐닝하여 얻어진 정보를 이용하여 Fig. 2와 같이 용접경로를 따라 센서를 weaving 시키면서 레이저 변위센서에서 경사면까지의 거리를 200Hz로 측정하며, 검출된 신호는 용접시 발생하는 잡음이 포함되기 때문에 변위센서로부터 얻어진 신호를 용접선 scanning 하여 얻어진 정보인 최대, 최소값에 가중치를 적용하면 용접선의 중앙을 결정할 수 있다.

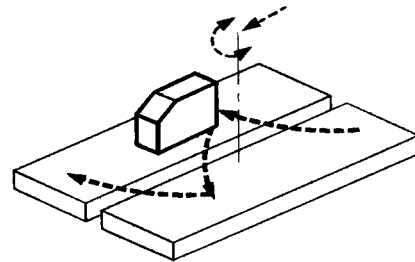


Fig. 2 Weaving motion of sensor to search the reference point

Fig. 3은 맞대기(butt), V-홈, 겹치기(Lap) 용접

선을 y축으로 20mm 스캐닝하여 얻은 센서의 출력 신호를 제안된 알고리즘을 적용하여 용접선의 중앙을 검출한 것이다.

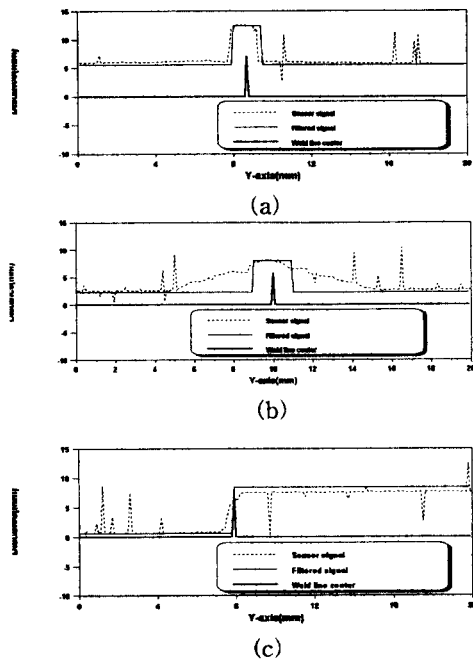


Fig. 3 Characteristic feature of weld joint

### 3. 실험 장치 및 방법

용접시편의 두께는 6mm이고 용접조건은 2가지의 경우 즉, 용접선의 폭을 2.5mm로한 맞대기 용접시편과 겹치기 이음부를 가지는 용접선 형태에 대해 적용하였으며, 시편의 재질은 다듬질하지 않은 연강을 사용하였다.

위치제어용 X-Y 테이블의 각 축은 ac 서보전동기에 의해 구동되며 5mm/rev의 볼 스크류에 의해 회전운동을 직선운동으로 전환하게 되어 100펄스당 1mm의 거리를 직선운동하게 된다. 구동명령은 제어용 입력 펄스를 발생하는 8254 펄스발생기를 PCB 기판에 구성하여 X-Y테이블의 각축의 속도와 위치를 실시간으로 제어할 수 있도록 하였다.

X축에는 센서와 토오치 부를 장착할 수 있는 장치가 있으며, 용접선을 검출하는 센서는 dc 서보모터를 사용하여 5Hz로 구동하였다. 용접기는 MIG-TIG 겸용이며 100% Ar 가스를 사용하였다.

Fig. 4는 구성된 시스템의 개략도이다.

용접선 추적을 위한 기준점을 찾기 위하여 용접

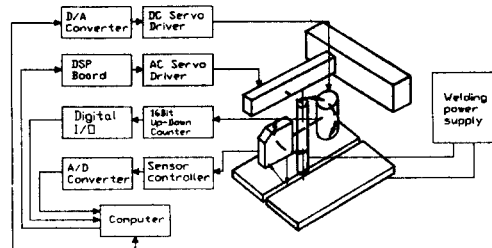


Fig. 4 Schematic diagram of the system

경로의 직각방향으로 X-Y 테이블을 구동하면서 레이저 변위센서로 각 위치에 대한 변위를 측정한다. 이때 변위센서로부터 얻은 데이터를 신호처리하여 용접선의 초기점을 검출하고 토오치를 용접선의 초기점으로 이동한다.

본 연구는 맞대기 이음부와 겹치기 이음부를 갖는 용접선에 대해 아크가 있는 경우와 아크가 없는 경우에 대해 용접선 검출 실험을 하였다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 맞대기 이음부(butt)

Fig. 5(a)는 맞대기 이음부를 갖는 용접시편에 대한 아크가 없는 상태에서의 센서의 출력신호이다.

Fig. 5(b)는 Fig. 5(a)의 신호에 제안된 알고리즘을 적용하여 신호처리한 결과이다. 용접 이음부에 대한 정보를 볼 수 있다.

Fig. 5(c)는 Fig. 5(b)의 신호에 1차 미분한 결과를 이용하여 용접선을 추정한 결과이다. 그림으로부터 용접선의 중앙을 추정할 수 있으며 용접선의 폭에 대한 정보도 알 수 있다.

Fig. 6(a)는 아크가 있는 상태에서의 센서의 출력 신호이다. 아크광이나 스테터로 인하여 Fig. 5(a)에 비하여 잡음이 많이 포함되어 있는 것을 볼 수 있다.

Fig. 6(b)는 Fig. 6(a)의 신호에 제안된 알고리즘을 적용하여 신호처리한 결과이다. 이음부 틈새에서 센서의 신호와 시편에서의 신호가 구별되는 것을 볼 수 있다.

Fig. 6(c)는 Fig. 6(b)를 1차 미분한 결과를 이용하여 용접선을 추정한 결과이다. 그림에서 용접선의 폭이 증가하는 것을 볼 수 있는데 이는 용접시

발생하는 시편의 변형을 추정할 수 있음을 보여주고 있다.

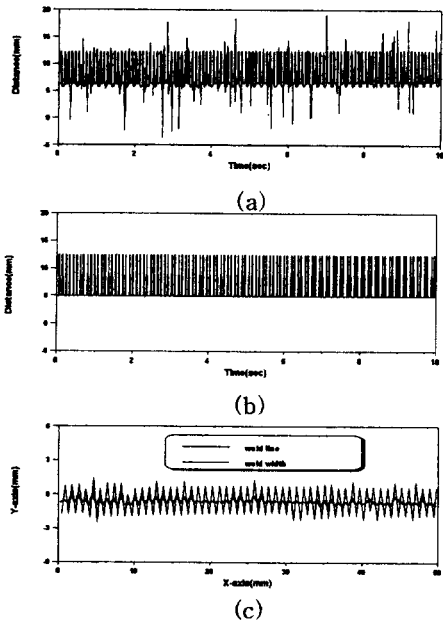


Fig. 5 Processed sensor signal of butt joint when an arc is off

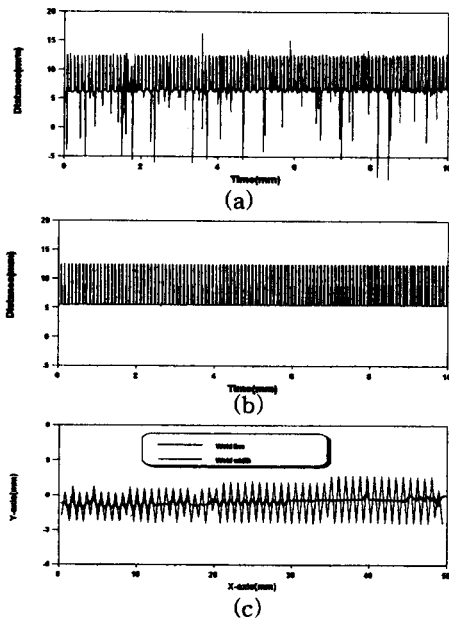


Fig. 6 Processed sensor signal of butt joint when an arc is on

#### 4.2 겹치기(lap) 이음부

Fig. 7은 겹치기 이음부를 갖는 용접시편에 대한 아크가 없는 상태에서의 센서의 출력신호와 제안한 알고리즘을 적용한 신호이다.

Fig. 8은 겹치기 이음부를 갖는 용접시편에 대한 아크가 있는 상태에서의 센서의 출력신호와 제안한 알고리즘을 적용한 신호이다.

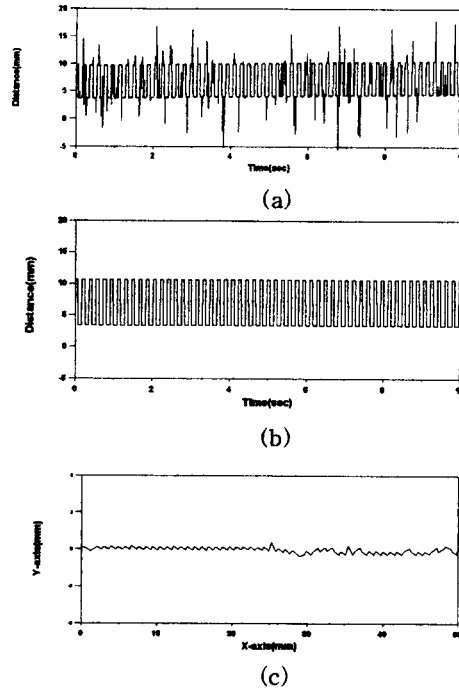
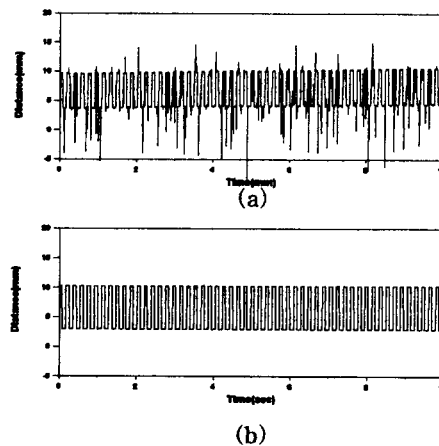


Fig. 7 Processed sensor signal of lap joint when an arc is off



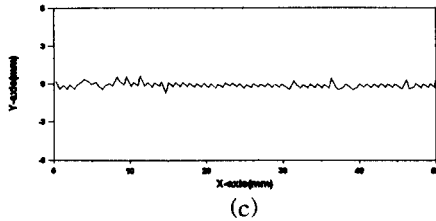


Fig. 8 Processed sensor signal of lap joint when an arc is on

### 5. 결론

본 연구는 레이저 변위센서를 이용하여 용접선 검출을 위한 실험을 위주로 하였다. 실험에서 잡음이 포함된 센서신호를 본 알고리즘을 적용한 결과 용접선과 용접선의 폭을 추정할 수 있었으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 용접자동화를 위한 용접선 인식센서로 간편한 레이저 변위센서의 적용함을 확인하였다.
- (2) 구성된 제어알고리즘을 적용하여 용접선을 추정할 수 있었으며 기울기 변화가 심한 용접경로에 대해서는 센서를 적절히 회전함으로써 용접경로의 추적이 가능함을 보였다.
- (3) 센서의 신호를 처리한 결과로부터 용접선의 폭을 추정할 수 있었으며 용접선의 폭이 변화하는 환경에서도 강인한 용접선 추적이 가능할 것으로 기대된다.

### 참고 문헌

[1] Nitin Nayak and Asok Ray, 1993, "Intelligent seam tracking for robotic welding", Springer-Verlag.  
 [2] 윤충섭, 양상민 외, 1994, "레이저 용접에서의 용접선 추적장치", Journal of KWS, Vol. 12, No. 2, pp. 28-38.

[3] J. P. Boillot, X. Yu, et al., 1994, "Automatic Welding Using Laser Based 3D Vision System", Welding in the world/Le soudage dans le monde. Vol 34, pp. 173-182.  
 [4] "Precimeter Laser Displacement meter User's Manual", 1991, Measurement Technologies, Inc.  
 [5] 조택동, 김성훈, 1995, "Preview Algorithm을 이용한 V-홈 제적의 자동추적에 관한 연구", 충남대학교 산업기술연구소 논문집, 제10권 제2호, pp. 199~206.  
 [6] M. Tomizuka, D. Dornfield et al, 1982, "Experimental Evaluation of the Preview Scheme for Two Axis Welding Table", Proceedings ASME 2nd International Computer Engineering Conference at San Diego, CA.  
 [7] Y. Suga, T. Kitaoka, K. Okawa, 1994, "On detection of the weld line and automatic seam tracking by a welding robot with a visual sensor for the lap welding of thin aluminium plate", Welding international, 8(6) 425-431 .  
 [8] M. Tomizuka et al, 1980, "Design of Digital Feedforward/Preview Controllers for Processes With Predetermined Feedback Controllers", Transactions of ASME, Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, Vol. 102, pp. 218-225.  
 [9] M. Tomizuka et al, 1980, "Application of Microcomputers to Automatic Weld Quality Control", Transactions of the ASME, Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, Vol. 102, pp. 62-68  
 [10] "Panasonic MINAS Series Digital AC Servo Motor & Driver Manual", Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.