

벽이 있는 용접 환경을 위한 용접선 검출 시스템 개발

Development of seam tracking sensing system for welding environment with wall

박 용 균*, 변 경 석**
Young-kyun Park*, Kyung-seok Byun**

요 약

선박 블록의 용접 공정에서는 용접선의 양쪽 끝이 벽에 의해 막혀있는 경우가 많다. 본 연구에서는 이러한 벽이 있는 환경에서 맞대기 용접의 자동화를 위한 용접선 검출 시스템을 개발하였다. 용접선 검출 시스템은 벽에서 캐리지의 위치를 측정하고, 초음파 용접선을 검출하게 된다. 시스템은 레이저 변위센서와 초음파센서로 구성되어 있다. 레이저 변위센서는 모터에 의해 회전 왕복 운동하며 용접 모재까지의 거리를 측정하게 되고, 초음파센서는 양쪽 벽면까지의 거리를 측정한다. 초음파센서로 측정된 거리정보를 활용하여 용접선의 X (주행)좌표와 용접 시작 및 끝 위치를 판별한다. 그리고 레이저 변위센서에 의해 측정된 거리정보와 센서의 자세정보를 활용하여 용접선의 Y (위빙), Z (높이)좌표를 검출하게 된다. 용접선 검출 시스템은 용접 캐리지와 독립적인 구동을 위해 DSP를 이용하여 별도의 제어기를 구성하였다. 용접 도중 용접선 검출 시스템과 용접 토치(Torch)와 간섭을 피하고, 측정 불가능한 구간이 발생하지 않도록 용접선 검출 시스템을 캐리지의 양쪽에 부착할 수 있게 설계하였다. 최종적으로 용접 캐리지에 부착하고 실험을 수행하여 개발된 용접선 검출 시스템의 효용성을 확인하였다.

Abstract

Both ends of welding line are often closed by wall in the welding of ship blocks. In this research, seam tracking sensing system for butt welding in the condition with wall was developed. Seam tracking sensing system measures position of carriage from wall and detects root-pass of welding line. The system consists of the laser displacement sensors and ultrasonic sensors. The laser displacement sensor reciprocally rotates by the motor and measures a distance from laser sensor to the welding material. The ultrasonic sensor measures a distance between welding system and walls. The distance measured by the ultrasonic sensor is used to get X (driving) position and to determine initial and end point of the weld line. Y (weaving) and Z (height) of the weld line are obtained by the distance measured by the laser displacement sensor and the orientation of the sensor. The sensing system includes the controller that is independent from the welding carriage. The seam tracking sensing system is attached to both side of welding carriage so that interference between welding torch and sensing system can be avoided during the welding. And both side sensing system minimize dead zone. Finally, developed sensing system was adhered to welding carriage and verified usefulness by experiments.

Keywords : seam tracking, welding automation, laser displacement sensor, ultrasonic sensor

I. 서 론

조선 산업을 비롯한 기계 산업의 분야에서 용접은 널리 사용되어지고 있다. 특히 조선 산업에서 용접이 차지하는 비중은 매우 높다. 이러한 조선 산업의 선박 건조는 수많은 블록들로 구성되어 있으며, 블록을 제작하는 공정 중에서 가장 많은 비중을 차지하는 분야가 바로 용접분야이다. 많은

비중을 차지하는 만큼 용접전문 인력도 많이 필요로 하게 된다. 하지만 용접작업은 열악한 환경과 용접 도중 발생하는 아크(Arc) 빛과 연기, 스펀터(Spatter)등이 몸에 유해하고 육체적으로 부담이 크기 때문에 숙련된 전문 인력의 감소, 고령화 및 인건비의 상승으로 이어진다. 따라서 전문 인력의 대체와 용접품질의 향상, 생산성 및 작업환경을 개선하기 위해서 용접자동화에 대한 연구가 활발히 이루어지고는 있으나 크게 보편화되지는 못하고 미흡한 실정이다.[1]

선박 블록을 제작하는 공정에서도 자동화 캐리지를 이용한 자동용접이 이루어지고는 있으나 양 끝단을 용접할 수

* 국립목포대학교 기계공학과 대학원

** 국립 목포대학교 기계공학과(교신저자)

투고 일 : 2010. 8. 3 수정 완료일 : 2010. 10. 13

게재확정일 : 2010. 10. 29

있는 캐리지가 없고, 캐리지와 벽의 간섭, 주변을 인식하는 센서 등의 부재로 인해 용접이 불가능한 구간이 발생하게 되어 작업자가 다시 용접을 해야 하는 번거로움이 발생하게 된다. 또한 캐리지의 구동에 있어서도 사람이 직접 캐리지를 기동하고 정지하는 반자동 시스템으로 동작하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 시작과 끝단부 용접이 가능한 캐리지의 개발도 필요하지만, 주변 환경을 인식하여 캐리지가 완벽한 자동화 시스템을 구현할 수 있도록 도와주는 센싱 시스템의 개발도 같이 진행되어야 한다.

용접선을 검출하는 센서에는 접촉센서, 아크센서, 비전센서 등이 있다. 아크센서는 틱과 모재간의 거리 변화에 따른 전류, 전압의 변화에 따라 용접선을 찾아가는 시스템이다. 아크센서는 구성이 간단하고 구성비용이 저렴한 장점이 있으나 아크 안정성에 의지하고 반드시 위빙이 들어가야 하며, 토치(Torch)의 앞쪽에 부착되므로 벽면과의 간섭을 피하기 어렵다는 단점을 가지고 있다.[2][3][4] 현재 가장 활발한 연구가 진행 중인 비전센서는 정밀한 용접선 검출이 가능하며 다층의 용접선 또한 검출이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 하지만 구성회로가 복잡하고 비용이 많이 들어간다. 또한 영상처리 프로그램이 복잡하며, 대부분 부피가 크고 용접토치(Torch)의 앞쪽에 설치되어야하므로 벽면이 존재하는 환경에서는 벽면과의 간섭이 발생할 수 있다.[5][6][7] 레이저를 이용한 스테레오비전 방식의 3차원 형상 측정 방법도 제안되었으나, 비전센서 활용 방식과 같은 이유로 용접 환경에서 활용되기에는 부적절하다.[8]

이러한 단점들을 보완하기 위해 본 시스템에서는 가격이 저렴한 레이저 변위센서를 사용하였다. 기존의 레이저 변위센서를 활용한 연구는 겹치기 용접에 활용하거나, X-Y테이블 사용으로 부피가 커지고 간섭이나 무게 등의 문제가 발생할 수 있어 시작과 끝단부를 검출할 수 없다.[9][10]

따라서 본 연구에서는 레이저 변위센서와 초음파센서를 사용하여 벽면이 존재하는 선박 블록의 맞대기 용접환경에서 시작점과 끝점을 인식하고 초층의 용접선을 검출하여 획득한 정보를 캐리지로 보내주는 용접선 검출 시스템을 설계하였다. II장에서는 용접선 검출 시스템의 구성에 대해 간단히 살펴보고, III장에서는 용접선 검출 시스템 설계 및 제작에 대해 살펴보고 IV장에서는 변위센서를 이용한 용접선의 검출, 단차/간극 인식 그리고 용접의 시작 및 끝단부 인식 방법을 설명하며 실험 및 결과에 대해 고찰해보고, 마지막으로 V장에서 결론을 도출한다.

II. 용접선 검출 시스템 구성

용접선 검출 시스템이 부착된 자동화용접 시스템은 용접기, 캐리지제어기, 캐리지, 용접선 검출시스템으로 구성되어 있다. 용접선 검출 시스템과 검출 시스템의 제어기는 그림 1에서 보이는 바와 같이 캐리지에 부착되어 있으며, 캐리지 제어기와는 RS-232C통신을 이용하여 데이터를 주고받으며, 캐리지 제어기는 용접선 검출시스템 제어

기에서 받은 데이터를 바탕으로 캐리지의 이동경로를 판단해 용접을 수행하게 된다. 이러한 시스템의 구성으로 인해 완전한 자동용접이 이루어지게 된다.

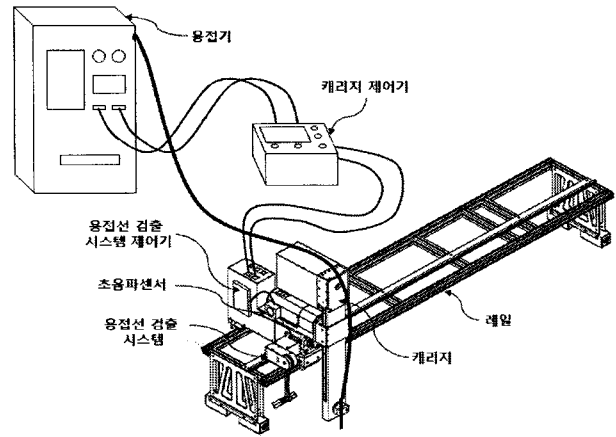


그림 1. 자동화 용접 시스템 구성
Fig. 1. Automation welding system configuration

본 연구에서 개발한 용접선 검출 시스템은 시작부와 끝단부를 검출하기 위한 초음파센서와 용접선 검출에 필요한 레이저 변위센서, 레이저 변위센서의 회전 왕복운동을 돕는 모터로 구성되어있다. 센서의 부착은 용접토치(Torch)나 토치(Torch)를 고정하는 캐리지 암(Arm)에 부착하는 것이 가장 이상적이지만, 캐리지 암(Arm)은 캐리지의 기구부 끝단으로 캐리지가 이동하면서 발생하는 진동과 각 조인트에서 발생하는 진동이 복합적으로 암(Arm)에 모두 전달된다. 따라서 변위센서의 거리측정 오차발생 요인으로 작용할 수 있다. 또한 용접의 시작부와 끝단부에서 센서에 의한 벽면과의 간섭발생으로 용접을 수행하지 못할 경우가 발생할 수 있게 된다. 따라서 용접선 검출 시스템은 캐리지 몸체에 부착하여 캐리지에서 발생하는 진동을 최소화하고 벽면과의 간섭을 방지할 수 있도록 구성하였다.

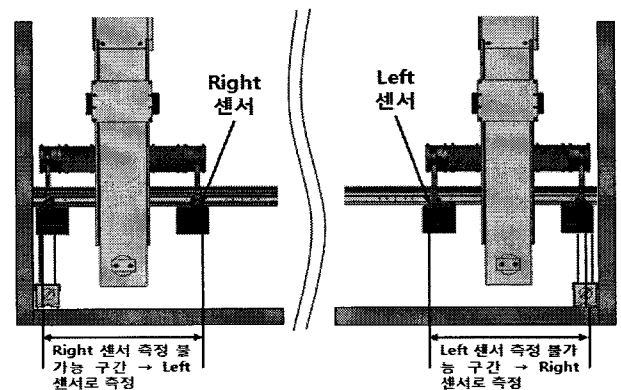


그림 2. 각 센서 측정 불가 구간
Fig. 2. Each sensor not measurable section
캐리지 몸체에 부착된 용접선 검출 시스템은 그림 2에

서 보이는바와 같이 용접 시작부와 끝단부에서 좌우센서가 용접선을 검출하지 못하는 부분이 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 캐리지 양쪽으로 용접선 검출 시스템을 부착하여 용접선 검출이 불가능한 구간이 발생하지 않도록 하였다.

용접선 검출 시스템은 캐리지에 부착되어 단독으로 구동되는 모듈형식으로 독립적인 제어를 구성하였다. 제어기의 구조는 그림 2와 같이 MCU로 DSP를 사용하여 모터를 구동하고 레이저변위센서와 초음파센서의 데이터를 받아 처리한다.

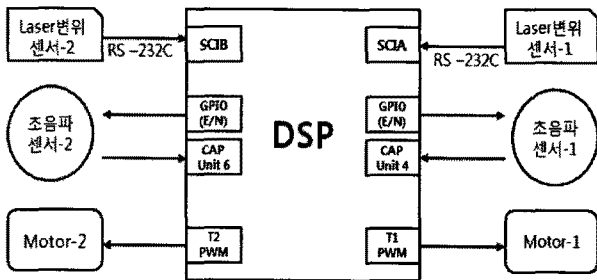


그림 3. 제어기 하드웨어 구성

Fig. 3. Controller hardware configuration

III. 용접선 검출 시스템 설계 및 제작

3.1 레이저 변위센서(CCD Type)의 측정 원리

CCD(Charge Coupled Device: 전하송전소자)방식의 레이저 변위센서는 CCD의 각 화소별로 광량을 검출하기 때문에 기존의 PSD(Position Sensitive Detector)방식의 문제점인 대상물체 표면의 영향으로 발생하는 오차를 대폭 감소시킨 방식으로 삼각 측정 방식을 이용해 대상물체와의 거리를 측정하는 원리를 이용한다.

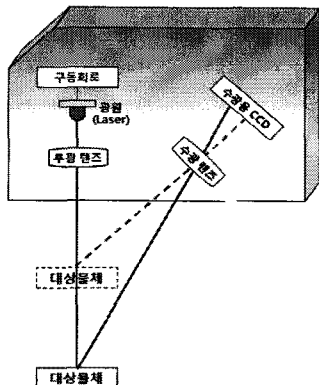


그림 4. 레이저 변위센서 구조

Fig. 4. Laser displacement sensor structure

이는 그림 4와 같이 대상물체로 레이저를 쏘면 대상물체에서 확산 반사된다. 확산 반사된 레이저광의 일부를 수광 렌즈로 집광하여 CCD위에 결상하여 위치시킨다. 대상물체의 위치가 변하면 CCD의 레이저광의 결상위치도

변화하게 된다. 이러한 집광위치 변화를 검출하여 거리를 측정하게 된다.[11]

3.2 주요 구성품 사양

용접선을 검출하기 위해 사용되는 센서는 여러 종류가 존재한다. 이러한 센서 중 정밀성과 비용, 측정 범위, 설치 면적 등을 고려하여 측정범위가 200mm인 레이저 변위센서를 선정하였다. 표 1은 본 연구에 사용된 레이저 변위 센서의 사양을 나타낸 것이다.

표 1. 레이저 변위센서 사양

Table 1. Laser displacement sensor specifications

측정 범위 (mm)	최소 검출 거리 (mm)	중심 검출 거리 (mm)	최대 검출 거리 (mm)	분해능(μm)		응답 시간 (kHz)
	정지시	at 1kHz				
200	60	160	260	40	200	1

X(주행)좌표를 검출하는 센서는 정밀성이 높고 측정범위가 길어야한다. 측정범위와 정밀성을 고려하여 초음파센서를 선택하였다. 표 2는 초음파센서의 사양을 나타낸 것이다.

표 2. 초음파센서 사양

Table 2. Ultrasonic sensor specifications

측정 범위 (mm)	정확도	빔 패턴(Beam Patten)	반복성 (Hz)	동작 온도 (°C)
15 - 6,000	±0.1%	일반적으로 15°	10	-40 - +85

레이저 변위센서를 움직이는 모터는 용접선 검출 시스템의 풋프린트(Footprint)를 최소화하고 구성과 배선의 간결성을 위해 드라이버가 내장된 DC스테핑모터로 선정하였다. 선정된 모터의 사양은 표 3과 같다.

표 3. 모터 사양

Table 3. Motor specifications

모터 출력(W)	18
최대 회전수(rpm)	3,000
정격연속토크(kgf-cm(Nm))	3.7(0.38)
Peak 토크(kgf-cm(Nm))	5.3(0.54)
사용엔코더	인크리멘탈 자기 엔코더(50,000Pulse/회전)
제어방식	Closed Loop 벡터 컨트롤 제어

3.3 기구부 설계 및 제작

시스템의 기구부는 그림 5에 보이는바와 같이 모터와 풀리, 타이밍 벨트, 레이저변위센서를 이용하여 설계하고

제작하였다. 레이저변위센서는 모터와 타이밍 벨트에 의해 회전왕복운동을 하며 용접모재와의 거리를 측정하게 된다. 시스템의 요소품은 용접 중 주변의 작업환경으로부터 커버에 의해 보호받도록 제작하였다.

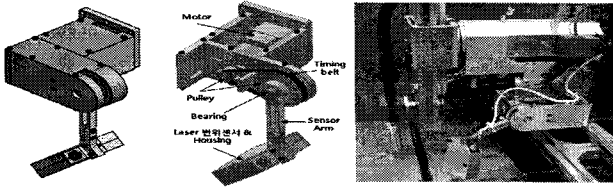


그림 5. 용접선 검출 시스템 및 내부 구조
Fig. 5. Seam tracking sensing system and the internal structure

IV. 용접선 검출 방법 과 실험 및 결과 고찰

용접선 검출은 레이저 변위센서로 용접모재의 거리를 측정하여 검출하고, 시작부 및 끝단부 검출은 초음파센서로 양끝의 용접모재 벽면까지의 거리를 측정하여 인식하게 된다.

4.1 용접선 검출 및 단차/간극 인식

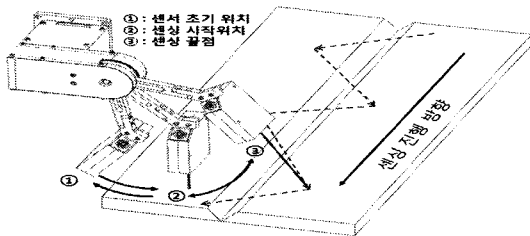


그림 6. 용접선 검출 모션
Fig. 6. Seam tracking motion

용접선의 검출 및 단차와 간극을 인식하기 위해 센서가 용접방향으로 이동하며 용접의 기준점 및 용접시편의 에지(Edge)를 찾아야한다. 기준점과 에지(Edge)를 찾기 위해 그림 6과 같이 용접 경로를 따라 이동하며 회전 왕복운동에 의해 레이저 변위센서가 용접시편까지의 거리를 샘플링주기마다 측정한다. 여기서 샘플링주기는 모터 구동을 위해 발생하는 펄스에서 발생된 펄스가 폴링에지(Falling edge)가 되는 순간을 나타낸다. 이렇게 측정된 거리정보는 용접선 검출 시스템의 자세정보와 함께 그림 7과 같이 삼각함수를 이용하여 각 위치별로 좌표 값(Y-위빙 축, Z-높이)으로 변환하여 각 정보들을 찾게 된다.

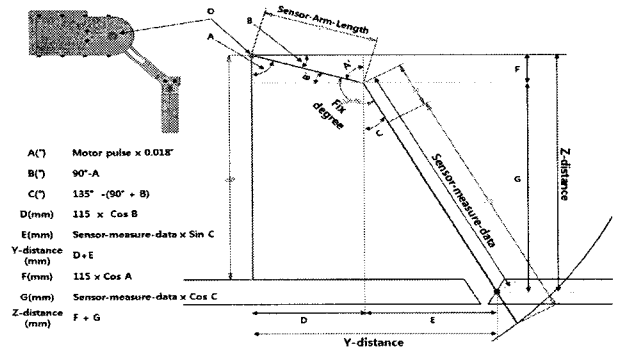


그림 7. 용접선 좌표변환

Fig. 7. Weld seam coordinate conversion

개발된 시스템으로 용접시편을 측정된 결과 그림 8의 (a)와 같은 로 데이터(Raw data)를 획득하였다. (a)의 데이터는 그림 6의 좌표변환방법을 이용하여 (b)와 같은 형상 데이터가 측정되었다. 이 데이터는 변위센서가 용접시편의 색깔 및 스크래치 등에 의해 발생한 노이즈가 포함되어 있는 것을 확인할 수 있다. 이러한 노이즈는 제안된 알고리즘을 적용해 필터링하여 (c)와 같은 결과 데이터를 얻을 수 있다. 필터링한 데이터를 안정화시키고 용접시편의 에지(Edge)의 원활한 검출을 위해 10포인트(Point)로 나누어 평균화 처리하여 데이터를 안정화시켰다. 10포인트 평균화 데이터는 (d)에 나타나 있다.

용접선 검출을 위한 기준점을 검출하기 위해서는 각 용접시편의 에지(Edge)점을 찾아야 한다. 에지(Edge)점은 그림 9의 (b)에서 A, B에 해당하는 좌표이다. A, B의 좌표 값을 구하기 위해 10포인트 평균화 데이터를 그림 9의 (a)와 같이 4개의 구간 즉, 두 개의 용접시편을 평면 구간과 개선면 구간으로 나누어 각 구간별로 직선회귀를 이용하여 각 좌표 점들에 대하여 다음 식을 이용하여 1차방정식으로 나타낼 수 있다.

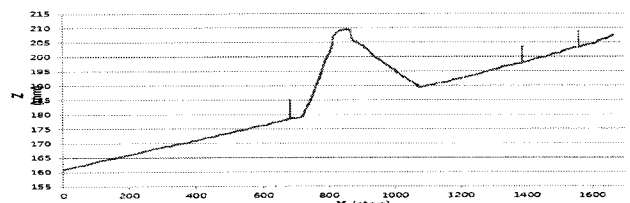
$$y_{sec} = a_0 + a_1x \tag{1}$$

여기서,

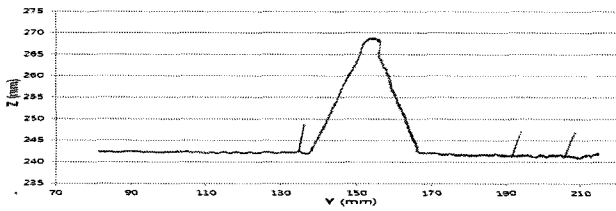
$$a_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \bar{x}$$

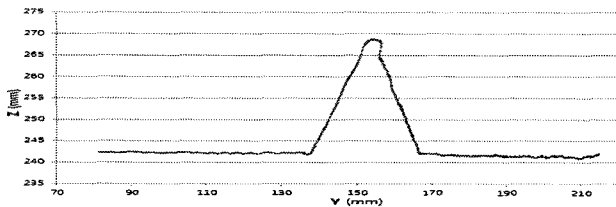
$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}, \quad \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$



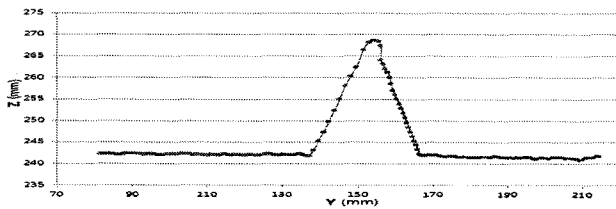
(a) 측정 데이터(Raw data)



(b) 좌표변환

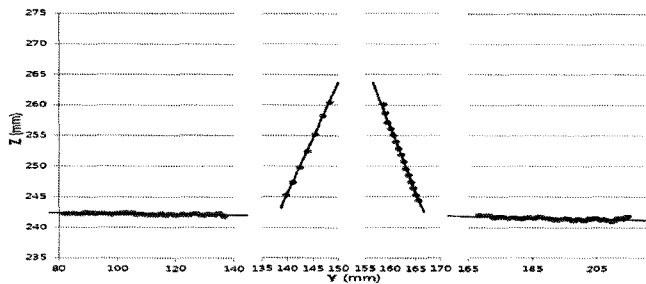


(c) 노이즈 제거

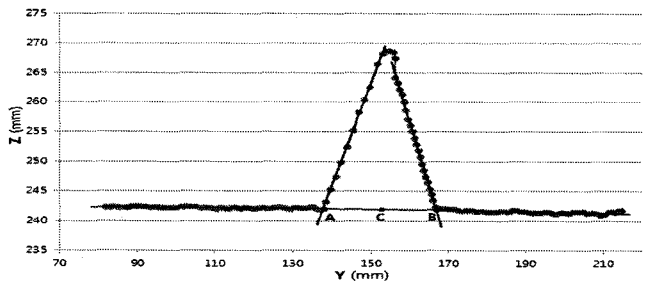


(d) 10포인트(Point) 평균화

그림 8. 측정 데이터 필터링 및 안정화
Fig. 8. Data Filtering and stabilization



(a) 직선회귀(Linear regression)



(b) 에지(Edge) 검출

그림 9. 직선회귀 및 에지 검출
Fig. 9. Linear regression and edge detection

이렇게 표현된 1차식중 y_1 과 y_2 의 교차점을 A좌표로 결정하고 y_3 과 y_4 의 교차점을 B의 좌표로 결정하였다.

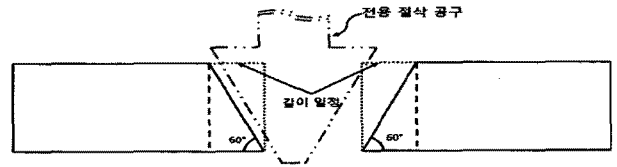


그림 10. 베벨절삭
Fig. 10. Bevel cut

한편, 용접시편 두께는 28T이고 베벨 각도(Bevel angle)가 30°인 맞대기 용접이다. 용접시편의 베벨 절삭에는 그림 10과 같이 전용 절삭공구가 사용된다. 따라서 베벨 절삭면은 거의 일정한 각도로 가공된다. 이렇게 가공된 용접시편의 베벨 절삭면과 60°를 이루는 가상 면의 길이는 측정 오차 범위에서 일정하다고 가정하였다.

A와 B점의 중간좌표 값인 C점의 Y_c 값을 기준점의 Y(위빙)값으로 결정하고, C점의 Z_c 좌표 값을 용접시편의 두께를 더한 값을 기준점의 Z(높이)값으로 결정한다. 또한, 단차는 A좌표와 B좌표의 높이차 즉, $|Z_a - Z_b|$ 로 결정하고, 간극은 A와 B좌표의 위빙 값의 차 즉, $|Y_a - Y_b|$ 에서 개선면과 60°를 이루는 가상면의 길이를 뺀 값으로 결정하였다.

이렇게 구해진 용접선의 좌표 값을 캐리지로 전송하면 캐리지는 좌표 값을 활용하여 용접 토치의 위치를 바꾸며 용접선을 따라 용접을 시행하게 된다. 또한, 좌표값이 불연속적이므로 측정된 좌표값 사이의 위치에서는 직선보간법으로 위치를 추정한다.

4.2 용접 시작 및 끝단부 검출

용접의 시작 및 끝단부 검출에는 초음파 센서를 사용하며, 시작부와 끝단부는 캐리지 암(Arm)이 회전하여 용접을 실행할 수 있는 최대범위로 거리를 설정하였다.

초음파센서는 그림 11과 같이 캐리지의 양쪽에 부착하여 캐리지로부터 벽면까지의 거리를 160ms주기로 실시간으로 측정하게 된다. 이렇게 측정한 거리 값이 시작과 끝단부로 설정한 거리에 도달하면 시작 또는 끝단부로 인식하여 그에 따른 정보를 캐리지로 전송하게 된다. 캐리지는 전달된 정보에 따라 시작점과 끝점을 판단하여 주행을 정지하고 암(Arm)을 회전하며 용접을 시행하게 된다.

그리고 시작점을 검출하는 초음파센서로 측정된 거리 정보는 용접선 검출을 위한 X(주행)축 좌표 값으로 사용된다. 주행 축 측정 Data는 그림 12에 나타남과 같이 측정오차는 ±1.5mm로 나타났다. 또한 반복정밀도는 실험 결과 ±1.0mm로 확인되어 본 시스템에 적용성을 검증하였다.

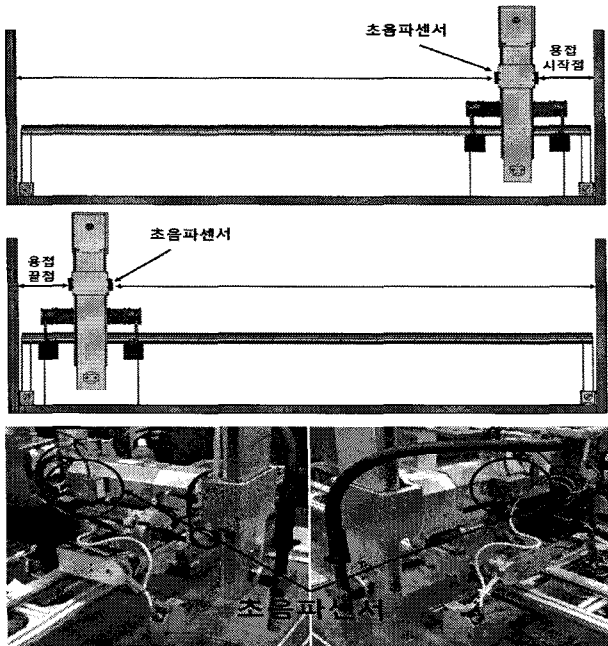


그림 11. 시작점 및 끝단부 인식 초음파 센서

Fig. 11. Initial point and end tip recognition ultrasonic sensor

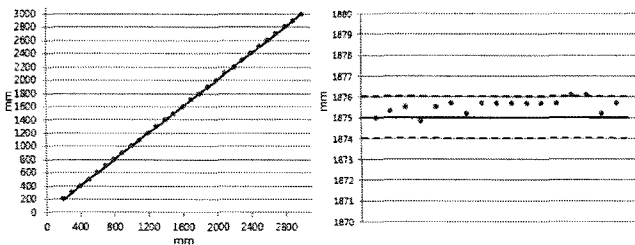


그림 12. 초음파센서 X(주행)축 측정 데이터 및 반복 정밀도

Fig. 12. Ultrasonic sensors X(driving) measurement data and repeatability

IV. 결론

본 연구는 선박의 블록용접 공정중 벽이 존재하는 맞대기 용접공정의 초층 용접을 위한 용접선 검출과 용접의 시작 및 끝단부를 인식하는 용접선 검출 시스템을 초음파센서와 레이저변위센서를 이용하여 구현하였다.

그 결과 시작 및 끝단부를 인식하는데 있어 초음파 센서만으로도 가능하였고 또한 용접선을 추적하고 단차와 간극을 인식하는데 있어 레이저 변위센서를 적용할 수 있음을 확인하였다.

설계된 용접선 검출 시스템은 용접 토치(Torch)의 끝단이 아닌 캐리지(Carriage)의 몸체에 부착되기 때문에 아크 센서의 최대 단점인 벽면과의 간섭을 피할 수 있으며, 용접 시작부와 끝단부인식이 가능해 기존의 시스템에서는 불가능했던 시작 및 끝단부까지 용접이 가능하다. 또한 비전센서에 비해 구성비용이 저렴하다. 이러한 점에 비취볼 때 개발

된 용접선 검출 시스템을 바탕으로 저렴하게 완전 자동화가 가능한 자동용접 시스템을 구성할 수 있을 것으로 사료되며, 이로 인해 선박블록 용접공정 자동화에 많은 향상을 가져올 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] 나석주, "학술상강연-용접 공정 자동화를 위한 센서의 개발 및 적용," 대한용접학회 특별강연 및 학술발표대회 개요집, pp. 3-10, 2000.
- [2] 이근유, 이원기, 정상권, 김상봉, 오명석, "고속회전 아크 센서 개발 및 그 응용에 관한 연구," 한국동력기계공학 회지, 제6권 제4호, pp. 43-48, 2002.
- [3] 김수영, 이승영, 나석주, "Flux Cored Arc용접용 아크 센서의 개발 및 이를 이용한 용접선 추적에 관한 연구," 대한용접·접합학회지(구 대한용접학회지), 제10권 제4호, pp. 190-198, 1992.
- [4] Xiaoji Ma and YuMing Zhang, "Reflection of illumination laser from gas metal arc weld pool surface," Measurement Science and Technology, Vol. 20, Issue. 11, 2009.
- [5] Hongbo Ma, Shanchun Wei, Tao Lin and Shanben Chen, "Binocular vision system for both weld pool and root gap in robot welding process," Sensor Review, Vol. 30, Issue. 2, pp. 116-123, 2010.
- [6] Peiquan Xu, Xinhua Tang and Shun Yao, "Application of circular laser vision sensor (CLVS) on welded seam tracking," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 205, pp. 404-410, 2008.
- [7] Pyunghyun Kim, Sehun Rhee, and Chang Hee Lee, "Automatic teaching of welding robot for free-formed seam using laser vision sensor," Optics and Lasers in Engineering, Vol. 31, Issue. 3, pp. 173-182, 1999.
- [8] 변기원, 주재흠, 남기곤, "능동 스테레오 비전을 이용한 실내환경의 3차원 형상 재구성 알고리즘," 신호처리시스템학회논문집, 10권, 1호, pp. 13-22, 2009.
- [9] 양상민, 조택동, 전진환, "레이저 변위센서를 이용한 용접선 자동추적에 관한 연구," 한국정밀공학회 학술발표대회 논문집, pp. 729-733, 1997.
- [10] 박용환, 김재웅, "레이저 변위 센서를 이용한 용접선 검출에 관한 연구," 한국정밀공학회 학술발표대회 논문집, pp. 556-560, 1994.
- [11] Zhifeng Zhang, Qibo Feng, Zhan Gao, Cuifang Kuang, Cheng Fei, Zhang Li and Jinyun Ding, "A new laser displacement sensor based on triangulation for gauge real-time measurement," Optics & Laser Technology, Vol. 40, Issue. 2, pp. 252-255, 2008.



박 용균(Young-kyun Park)

2009년 2월 목포대 기계공학과(공학사)
2009년 3월 ~ 현재 목포대학교 기계공학과
석사과정
※ 주관심분야: 메카트로닉스, DSP 응용 분야



변 경석(Kyung-seok Byun)

1996년 2월 고려대 기계공학과(공학사)
1998년 2월 고려대 기계공학과(공학석사)
2002년 8월 고려대 기계공학과(공학박사)
2002년 9월~2006년 2월 삼성전자 메카트로닉스
연구소 책임연구원
2006년 3월 ~ 현재 국립목포대학교 기계공학과 조교수
※ 주관심분야: 메카트로닉스 시스템, 제어 응용 시스템, 로봇 설계
