TB용 레이저 용접 시스템을 위한 용접선 추적 장치의 개발

Development of Seam Tracker for TB Laser Welding System

오토로직스 오 의 환, 허 윤 석
한국기계연구원 서 정, 이 제 훈

Ⅰ. 서론

최근 세계적으로 TB(Tailored Blank)용 레이저 용접 장치의 개발 및 적용이 활발하게 진행되고 있다. 이는 자동차 분야에서 기존의 저항 점 용접방식을 사용한 자동차 설계 및 생산 방식의 경제적·기술적 한계를 극복하고 자동차의 경량화 및 생산성 향상을 위해 차체에 TB를 적용하고자 하는 의도이다.

이러한 추세에 맞추어 국내에서도 TB(Tailored Blank)용 레이저 용접 장치의 국산화를 시도하였고 현재 국산화에 성공, 생산 가동 중인 장비들도 있다.

현재 가동되고 있는 TB용 레이저 용접 장치는 거의 직선의 용접 구간을 용접하고 있으나 점점 비선형 형태의 구간에 대한 용접도 필요하다. 그러나, 직선 용접 구간이라 할지라도 다음과 같은 이유로 용접 구간에서 오차가 발생하여 용접 품질에 영향을 미친다.

- 소재 정렬 상태 불량
- 소재를 절단할 때 발생하는 절단 오차
- 용접 공정 중 발생하는 열에 의한 소재의 변형

이러한 이유로 오차를 감소시키기 위한 정렬 장치 및 지그(Jig)장치의 도입이 시도되었으나 레이저 용접의 특성상 이를 감소시키는데는 한계가 있다. 생산 품질의 더 나은 향상을 위한 보상 장치가 필요한 실정이며 이를 위해 용접선 추적 장치의 도입이 시도되었다.

TB용 레이저 용접 장치는 레이저를 이용한 용접 방법을 사용하고 있으므로 레이저빔의 직경이 매우 작고 주로 0.5~2mm의 박판 소재를 용접하므로 매우 정밀도가 높은 위치 제어 방식을 적용하여야 한다. 또한, 용접 공정에서 발생하는 스패터의 영향이나 소재 표면의 조건을 고려해야 하므로 시각 센서를 이용한 방법 중 레이저 광원을 이용한 시각 센서를 이용하는 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 레이저 용접 장치를 위한 레이저 시각 센서를 이용한 용접선 추적 장치의 개발과 적용 방법을 소개하고자 한다.

Ⅱ. 용접선 추적 장치

1. 용접선 추적 장치의 개요

용접선 추적 장치란 이미 앞에서 말한 바와 같이 용접 중 발생할 수 있는 용접 조인트의 궤적 변화에 대한 위치 보상이나 기구적인 부정확 요소의 보상을 수행하는 장치이다. 이론적으로는 접합부의 정확한 위치를 알 수 있는 경우, 위치 제어 장치에 필요한 위치 정보를 정확하게 프로그래밍할 수 있는 경우와 용접 궤적에 있어서 오차가 없거나 지그에 의해 용접 궤적의 유지가 보장되는 직선 용접 구간인 경우에는 용접선 추적 장치가 불필요하다. 하지만, 실제 현장에서 이러한 조건들을 모두 만족시킬 수 없는 실정이므로 용접 조인트의 위치 보상에 대한 장치는 필수적이다. 또한, 용접선 추적 장치의 이상 동작으로 인한 고장이 발생할 경우 위치 제어 장치 및 전체 시스템의 운전에 영향을 미치지 않는 독립적인 장치로서의 역할을 수행하여야 하다. 이는 용접선 추적을 위한 기본적인 기능은 용접선 추적 장치에서 수행하고 별도의 위치 제어 및 용접 공정 제어 장치가 전체 시스템의 운전을 담당하는 구조로 본 시스템이

이루어져 있음을 나타낸다. 본 용접선 추적 장치의 기본적인 기능은 용접선 추적 기능, 철판 유무 판정 및 2매 감지 기능, 용접 시작/끝점 자동 인식 기능, 허용 갭 이상 판정 기능 및 제어 파라미터 설정 기능 등으로 정의하였다.

2. 용접선 추적 장치의 구성

용접선 추적 장치의 핵심 구성 요소인 레이저 비전 센서는 M2D Line Scanner를 이용하였으며 이를 PC의 LPT 포트를 통해 영상 신호를 취득한 후 용접 대상물의 조인트를 찾아 용접 헤드의 위치를 보상하는 구조로 이루어져 있다. 그림 1은 레이저 발진부와 제어 장치를 제외한 시스템의 구성을 나타낸다.

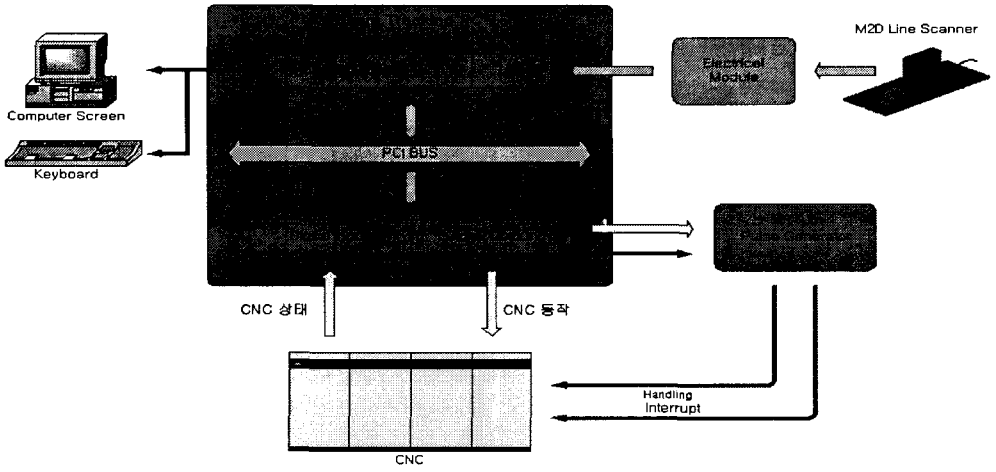


그림 1. 시스템 구성도

시스템은 크게 레이저 비전 센서, 산업용 컴퓨터와 모션 제어 장치인 CNC로 구성되어 있다. 일반적으로 용접선 추적 장치는 모션 제어 장치를 산업용 컴퓨터 내부에 내장하고 있어서 직접 구동 축에 대해 위치 정보를 전달하여 이를 제어하지만 본 시스템은 기존의 용접 장치에 부가적인 장치로서 개발되었으므로 위치 제어에 대한 보상값을 전달하여 용접 조인트의 위치 보상을 실행한다. 용접선 추적 장치에서 CNC 제어 장치에 전달하는 위치 보상 값은 CNC의 핸들링 인터럽트 기능을 이용하였고 두 장치의 인터페이스를 위해 펄스 신호 발생 장치가 사용되었다.

3. M2D Line Scanner

3.1 센서의 동작 원리와 구조

M2D Line Scanner는 2차원의 프로파일을 제공한다. 측정된 대상물은 다양한 물질일 수 있다. 레이저 라인이 목표물에 투영되고 대상물까지의 거리는 삼각법에 의해 측정된다. 스캐너는 기구학적인 프로파일의 인식과 거리 측정에 적합하다. 거리에 의한 높이가 측정된다. 측정 결과는 측정 점에서의 물체의 윤곽(profile)이다. 매 20ms마다 283 포인트가, 매 40ms마다 566 포인트가 측정된다. 측정 범위는 수평으로 5에서 1200mm이고 수직으로 8에서 600mm이다. M2D Line Scanner는 광학 삼각법에 의한 측정 원리를 이용하고 광원으로 단일선 형태의 구조화된(structured) 레이저 빛을 사용하는 레이저 비전 센서이며 Pulsed Laser Diode에 의해 광학 레이저빔을 발생시키고 대상물에서 반사되는 확산된 빛은 2차원 CCD-Array에 투영된다. 대상물의 다른 외곽선은 반사되는 레이저 라인의 편향을 발생시켜 광학 삼각법에 의해 교정되어 선형화된다. 측정된 점의 위치에 거리 정보가 추가되어 화면에 보여준다. 그림 2는 동작 원리를 나타낸 것이고 그림 3은 센서의 구조이다.

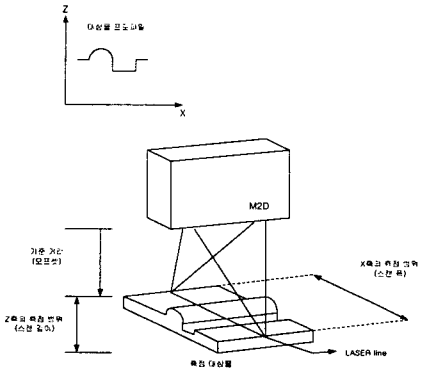


그림 2. 센서의 동작 원리

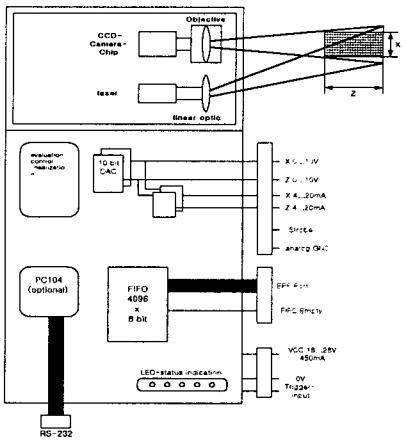


그림 3. 센서의 구조

M2D Line Scanner는 센서 자체에서 모든 선형화와 거리 해석이 완벽하게 이루어지므로 매우 간단한 구조이다. 스캐너는 물리적으로 각-스캐너로 동작한다. 이러한 이유로 레이저의 광선은 부채꼴 모양으로 대상물에 스캔된다. 각각의 광선에 대해 물체 위의 점들이 스캐너로부터 계산된다. 이들 점들의 좌표가 선형화되고 2×2 값으로 변환된다. 수평 방향으로 측정된 점들의 거리는 일정하지 않다. 실제 프로파일은 오실로스코프의 X/Y 동작 모드와 유사하게 높이의 표현으로 이루어진다. 그림 4는 센서에서 물체의 외곽선을 측정하는 방법을 나타낸다.

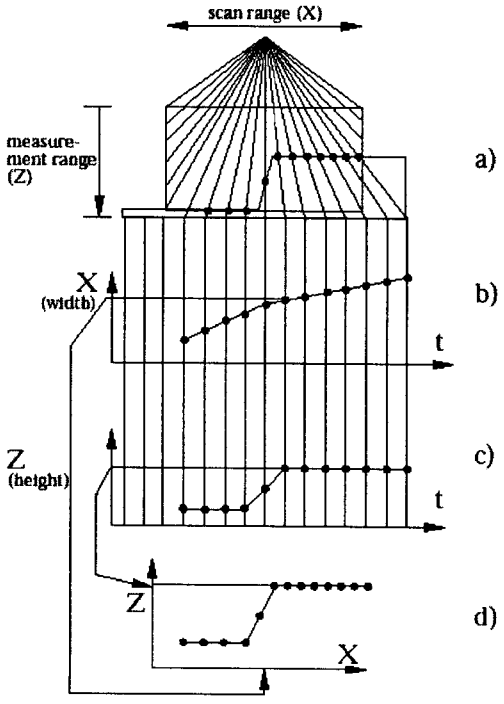
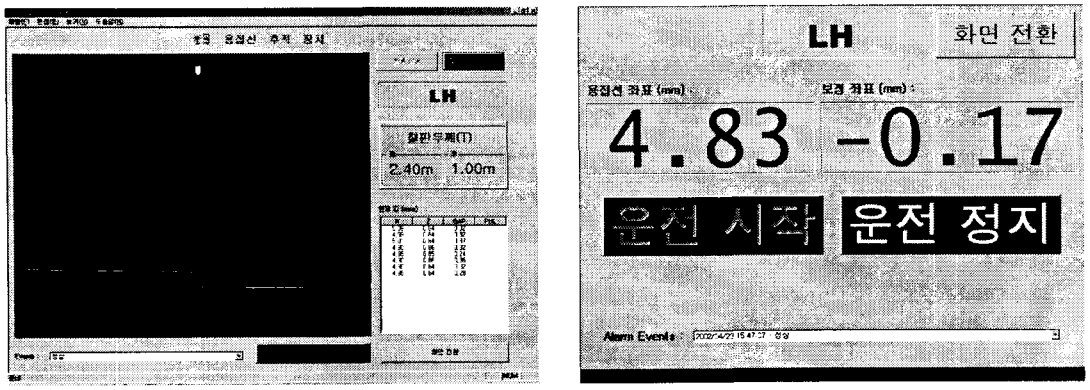


그림 4. 물체 외곽선 측정 방법

3.2 용접선 추적 장치의 프로그램

용접선 추적 장치의 프로그램은 사용자가 쉽게 접근할 수 있도록 윈도우 환경의 GUI(Graphic User Interface) 방식을 채택하였으며 실시간 운전을 고려하여 실제 동작 중 화면에 의한 출력을 최대한 자제하여 구성하였다. 용접선 추적 장치가 동작할 경우 그림 5와 같이 그래픽 모드와 텍스트 모드 중에서 선택하여 화면을 출력할 수 있다.

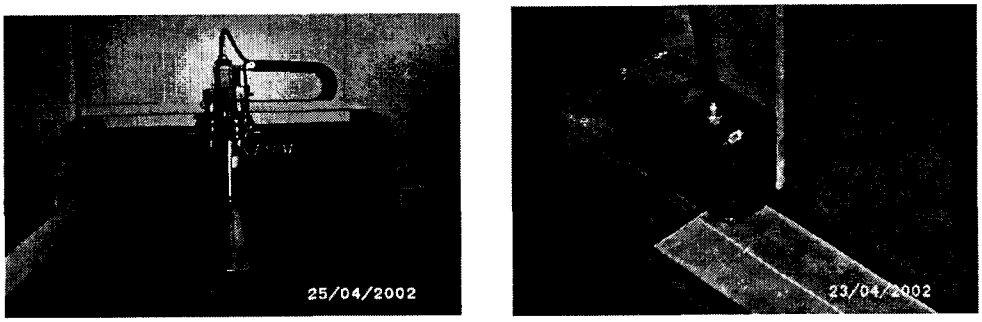


(a) 그래픽 모드에 의한 사용자 프로그램 (b) 텍스트 모드에 의한 사용자 프로그램

그림 5. 사용자 프로그램

Ⅲ. 실험 결과

실험은 그림 6의 3축 직교 시스템을 이용하여 실시하였고 용접선 추적 장치의 성능을 평가하기 위해 용접선의 기울기 변화와 용접 속도에 의한 추적 능력을 실험하였다.



(a) 실험에 사용된 3축 직교 시스템 (b) 실험에 사용된 센서

그림 6. 실험 장치

그림 7은 센서의 좌표계와 기구의 좌표계를 나타낸 것이다. 표 1은 용접 속도에 따른 용접선 추적 기울기의 최대 값을 나타내며 기울기는 직선 거리(X축) 1m에 대한 수평 방향(Y축)의 편차로 표시한 것이다.

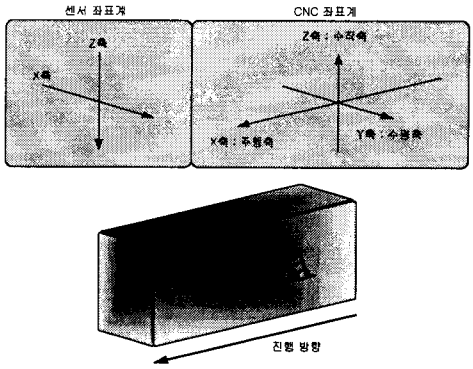


그림 7. 기구 좌표계

용접 속도(m/min)	2	5	8	10
기울기(mm)	25	15	7	5

표 1. 실험 결과

Ⅳ. 결론

실험 결과에서 알 수 있듯이 용접 속도에 따른 용접선 추적 성능은 양호한 것으로 나타났다. 이 장치는 실제 생산 장비에 적용될 목적으로 개발되었으며 현재는 동일 두께의 용접 소재에 대한 용접선 추적 알고리즘의 개발이 진행되고 있다. 이 장치의 개발은 고가의 해외 장치에 의존하지 않는 용접선 추적 및 용접 품질 검사 장치의 국산화의 일환이다.

Ⅴ. 참고 문헌

1. "Tailored Blank의 적용 현황과 전망" 대한 용접 학회지 제18권 제3호 pp.266-277, 2000
2. "시각 센서를 이용한 용접선 자동 추적 시스템의 개발에 관한 연구" 대한 용접 학회지 제14권 제4호 pp.250-259
3. "Seam Tracker User Manual" MVS Meta Vision Systems Inc.
4. "용접선 추적 및 용접 품질 평가를 위한 레이저 비전 센서의 적용" 대한 용접 학회지 제16권 제6호 pp.1-6
5. "비전 센서를 이용한 용접선 자동 추적에 관한 연구" 대한 용접 학회지 제16권 제6호 pp.519-527