

Nd:YAG 레이저 용접에서 다중 레이저 비전 센서를 이용한 용접선 추적 시스템에 관한 연구

A study of seam tracking system on Nd:YAG Laser welding using multi-line laser vision sensor

한양대학교 공과대학 기계공학부 성기은, 이세헌

I. 서론

용접에 있어서 용접선을 정확히 용접선을 따라 용접을 수행하는 것은 용접의 성공 여부를 결정하는 매우 중요한 요소이다. 만일 용접선을 사전에 알 수 없다면 용접 자동화 시스템은 실시간으로 용접선을 인식하고 추적 할 수 있는 기능을 보유 해야만 할 것이다. 사실상 용접 작업을 하는데 있어서 용접선은 이미 알고 있는 정보이다. 설계 된 CAD 정보로부터 정확한 용접선 정보를 CNC 장치로 전달하게 되면 용접선 추적 없이도 성공적으로 용접을 수행 할 수 있다. 실제 예를 들어, tailored blank 용접의 경우를 보면 모재는 지그에 의해서 용접되는 동안 정확히 고정되고 레이저 용접 헤드는 미리 입력된 용접선을 따라 신중하게 용접을 수행한다. 그럼에도 불구하고 현실적으로 발생하는 많은 문제들, 용접시 발생하는 변형, 지그에 의한 오차, 모재의 가공 오차 등등, 때문에 이상적인 설계 정보와 실제 제품의 정보는 서로 차이가 생기게 된다. 이 차이는 용접 불량률의 원인이 된다. 이러한 박판의 레이저 용접에 있어서 용접선 추적 오차의 허용한도는 0.2mm 이하여야 한다. 그렇지 못 할 경우 만족 할 만한 용접 품질을 얻을 수 없게 된다.[1][2]

일반적으로 레이저 용접에서 용접선을 추적하는 방법은 크게 두 가지 방법이 있다. 첫 번째는 음향신호나 광학 또는 플라즈마 신호를 통해 레이저와 용접부의 상대적인 위치를 계측하는 방법이다. 두 번째는 일반적으로 레이저 비전 센서로 알려진 거리 센서를 사용하는 방법이다. 이 레이저 비전 센서는 구조화 된 레이저 광을 사용하여 측정 대상에 맺힌 상을 화상센서를 사용하여 계측하는 원리를 사용한다.[3]

광 센서나 음향 센서를 사용하는 경우 신호가 특정한 방향으로 변화하는 경우 이것이 어떤 방향으로 변하는 것인지 확인하기 어렵다. 그리고 대부분의 경우 이러한 센서를 하나가 아닌 다수를 사용하여 계측된 신호를 분석하는 과정을 거쳐야만 한다. 이 분석과정은 노이즈의 영향을 받으며 다양한 용접 조건에 의존하기 때문에 일반적인 패턴을 형성하기가 힘들다. 이러한 어려움을 극복하고자 하는 많은 연구가 있었지만 여전히 이러한 방법의 신뢰도나 정밀도는 상대적으로 높지 못하다.[4]

레이저 비전 센서는 사람이 눈으로 보는 것과 거의 동일한 방법으로 용접 모재에 주사된 레이저를 보고 그 모양과 위치를 통해서 거리 정보를 계측하므로 상대적으로 매우 높은 정밀도를 얻을 수 있다. 정밀도는 센서의 설계 사양에 따라 달라지지만 보통 0.1mm 이상의 정밀도를 갖는다. 레이저를 광원으로 사용하고 직접 물체를 보는 방식을 사용하기 때문에 주변의 외란에도 강한 특징을 가지고 있다. 그러나 이러한 레이저 비전센서는 물체의 형태에서 특정한 점, 모서리나 끝단 등을 찾기 때문에 정밀하기는 하지만 형상을 인식하는 알고리즘을 만들기 어렵고 중요한 부위에 외란이 발생할 시에는 복구가 어려워 아주 높은 신뢰도를 달성하기 어렵다. 또한 높이차나 갭등이 전혀 없는 맞대기 용접의 경우 거리 정보로는 용접선을 판단하는

것이 불가능하다.

이러한 단점을 극복하기 위해 inductive센서나 electromagnetic센서를 이용한 방법이 연구되고 있으나 비전 센서에 비해 높은 신뢰도는 얻을 수 있지만 상대적으로 낮은 정밀도는 극복되지 않고 있다.[5]

본 연구에서는 Nd:YAG 레이저를 이용한 맞대기 박판 용접의 경우에 대해서 다중 선 레이저 비전 센서를 이용하여 기존의 방법이 아닌 3차원 정보와 2차원 정보를 혼합하여 사용하는 방식을 이용하여 용접선을 추적하는 시스템을 개발하였다. 이 방법을 사용할 경우 기존의 비전 센서의 높은 정밀도를 높이 방향에 대해서 구현 할 수 있고 이렇게 얻어진 정보를 바탕으로 2차원 화상을 이용하여 정밀한 용접선 정보를 파악 할 수 있었다.

II. Nd:YAG 레이저 박판 맞대기 용접선 추적을 위한 MLVS 센서 시스템

레이저 비전 센서는 기본적으로 광학 3각법을 통해 거리 정보를 얻게 된다. 이 광학 3각법을 이용하기 위해서 기준이 되는 레이저 평면과 측정하는 CCD는 어떤 각을 이루어야 한다. 보통 계산 및 보정상의 편의를 위해 레이저 평면이나 CCD중 하나가 지면에 수직하도록 한다. MLVS의 경우에는 레이저 평면을 수직으로 세우고 CCD를 눕히는 방법을 사용한다. Fig.1에서 보는 것과 같이 레이저 평면을 지면에 수직하게 놓아도 중앙의 하나를 제외한 나머지는 각각 다른 각을 갖는다. 따라서 각각의 레이저 평면 들은 서로 다른 해상도를 가지며, 실 좌표계로 변환하기 위한 변환 행렬도 모두 다르다. 각각의 레이저 평면을 구분해서 보정해야 하며 실제 측정시에도 각각을 구분해야한다.

이렇게 만들어진 MLVS는 기본적으로 거리 정보만을 얻을 수 있다. 따라서 단차가 없는 박판 맞대기 용접의 경우 용접부의 특징점을 찾는 것은 이론적으로는 불가능하다. 그러나 실제로는 모재의 서로 맞닿는 부위가 완벽하게 일치하는 것은 아니다. 맞닿는 면에 산화막이 있을 수도 있고 전단 가공으로 인한 휨이나 밀링 가공으로 인한 버 등이 존재하게 된다. 그리고 지그 역시 완벽하게 동일한 위치에서 시편을 잡지는 못하므로 그로 인한 아주 작은 높이차 역시 생기게 된다. 이러한 조건들의 영향으로 사람은 어디가 두 시편이 맞닿는 면인지 아주 쉽게 알 수 있다. 전체적인 시각 정보를 판단 해 보면 맞닿는 영역에서 Fig. 2에서 보는 것과 같이 불연속적인 영역이 용접 방향으로 길게 있음을 알 수 있다.

이러한 사실을 이용하면 기본적으로 사람의 시각과 동일한 비전 센서를 사용해서도 불연속적인 특징을 찾아 낼 수 있다. 불연속적인 특징을 찾기 위해서는 사람이 하는 것과 동일하게 3차원 정보를 처리함과 동시에 2차원적인 정보를 파악하면 용접선 추적을 성공적으로 수행 할 수 있을 것이다.

Fig. 3에서 보는 것과 같이 얻어진 화상에서 사람이 용접선을 찾는 것을 그다지 어려운 일은 아니다. 그러나 만일 레이저 선 하나만을 보고 용접선을 찾아야 한다면 쉽지 않을 것이다. 즉 사람이 쉽게 용접선을 찾을 수 있는 이유는 하나의 화상에서 전체적인 정보를 모두 사용하여 종합적으로 결론을 도출하기 때문이다. 레이저 비전 센서가 이와 동일하게 하기 위해서 기존의 레이저 비전 센서가 레이저 선을 찾아서 3차원 정보를 찾아내는 작업을 수행한다. 이렇게 얻어진 정보는 레이저 헤드와 모재와의 거리 및 상대 각도, 대강의 시편의 가로 위치 등을 알 수 있다. 특히 모재와 레이저 헤드와는 거리 및 상대 각도는 레이저 용접시 중요한 정보로 사용된다. 이렇게 얻어진 정보를 사용하여 2차원적인 해석을 행할 영역을 설정한다. 이렇게 선택된 영역에서 화면의 전체적인 빛 강도의 분포를 살펴보면 용접선이 존재하는 부분에서 빛 강도 분포가 다름을 알 수 있다.

이렇게 빛 강도 분포가 다른 영역을 찾기 위해서 각각의 수직 영역에 대해서 일정한 픽셀 마스크에 대한 평균 강도 값의 최대치를 찾아 그 값으로 동일 영역의 점들을 수정하는 방법을 사용했다. 이 방법을 사용하면 특별히 강도를 계산하는 수식 없이도 화상처리 단계와 거의 동일하게 Fig.4에서 보는 것과 같은 결과를 얻을 수 있다. 이런 방법을 사용하면 수직 방향으로 고저 차가 큰 대상에는 적용이 어렵지만 대부분의 박판 맞대기 용접은 큰 평판을 대상으로 하기 때문에 로봇을 이용한 곡면 용접 등은 고려하지 않아도 좋을 것이다.

이 처리된 화상으로부터 중심의 수직 방향의 선을 찾아 이 직선으로부터 용접선을 추출 한다. 이렇게 추출된 용접선 정보는 일반적인 레이저 비전 센서에 비해 정밀도는 상대적으로 조금 낮지만 신뢰도는 더 높음을 알 수 있었다.

III. 실험 및 고찰

용접선 추적 실험은 Nd:YAG레이저를 이용하여 1.4mm 자동차용 냉연 강판을 사용하여 이루어 졌다. 현재 시스템의 경우 실질적인 최대 정밀도는 0.08mm정도이고 오차를 고려하면 최대 0.5mm정도의 추적 오차를 가지고 있음을 확인 할 수 있었다.

IV. 결론

본 연구에서는 Nd:YAG 레이저를 이용한 박판 맞대기 용접에서 용접선 추적을 행할 수 있는 MLVS 센서 시스템을 개발 하였다. 기존의 레이저 비전 센서가 가지고 있는 개념으로는 찾을 수 없는 용접선을 기존의 알고리즘과 새로운 2차원 정보를 혼합함으로써 용접선을 찾을 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 그리고 이 알고리즘을 사용하여 용접선 추적 실험을 수행하였다. 이 센서 시스템은 최대 정밀도 0.08mm를 가져 일반적인 레이저 용접에 충분히 적용 가능함을 보였다.

V. 참고문헌

1. T. Auty : Laser welded tailored blanks--a practical guide, Sheet metal industries, (1998)
2. M. A. Ordal, et al : Hanbook of laser materials processing, Applied Optics, (2000), pp. 162-165
3. N. E. Pears, : Modeling of a scanning range sensor for robotic applications, Advanced Robotics, 13-5(1999), pp549-562
4. R. E. Mueller, J. A. Hopkins, V. V. Semak, and M. H. McCay : A study on an automatic seam tracking system by using an electromagnetic sensor for sheet metal arc welding of butt joints, Proc. ICALEO 81, B86-95(1996)
5. B. H. You, J. W. Kim : Modeling of a scanning range sensor for robotic applications, Journal of Engineering Manufacture (Part B), 216-6(1996), pp. 911-920

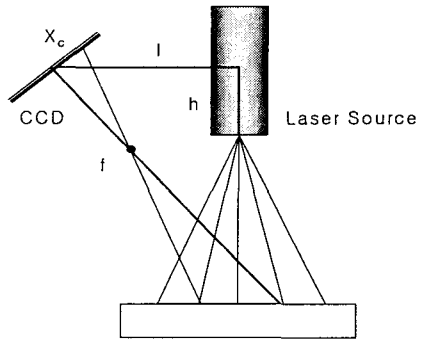


Fig. 1 Basic structure of MVLS

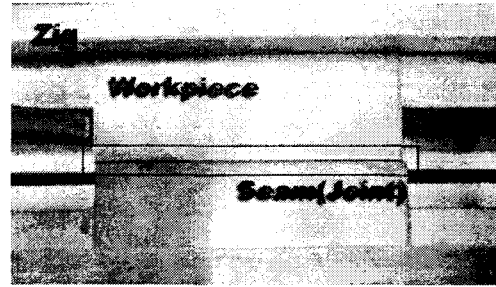


Fig. 2 Zig and workpiece

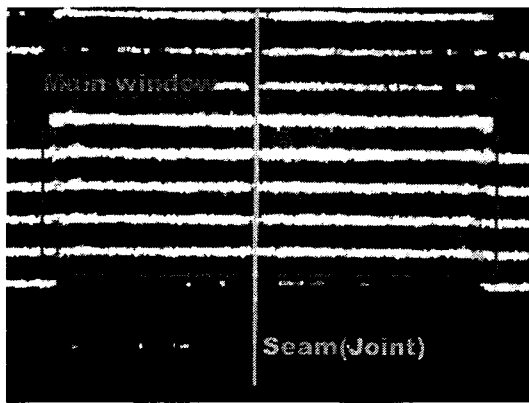


Fig. 3 Basic image of no gap, butt joint

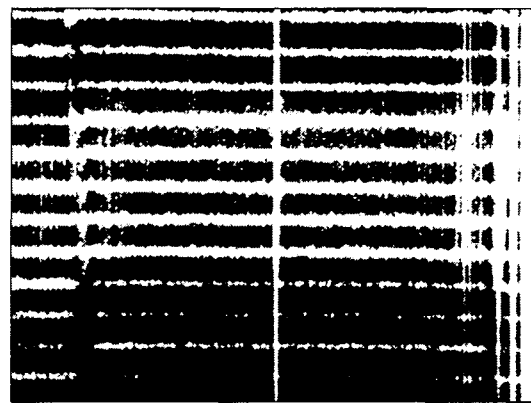


Fig. 4 Finding seam image