

CO₂ 레이저 용접시 광센서를 이용한 실시간 결함 검출 모니터링 시스템

Real time monitoring system of detecting defect in CO₂ laser welding with optical sensors

한양대학교 기계공학부 박영환, 이세현
대우자동차 정경훈

I. 서론

레이저를 이용한 용접이 1960 년 처음 자동차 산업에 도입된 후, 좋은 생산성 때문에 현재 많은 회사에서 레이저 용접을 사용하고 있다. 최근에는 특히 이중 두께 테일러드 브랭크 (tailed blank) 용접에 많이 사용되고 있다.

레이저 용접에서는 용접 모재의 상태나 레이저의 출력, 그리고 용접속도, 보조가스의 유량, 보조가스의 취입 방향등에 의해 용접시 생기는 플라즈마와 비드의 상태와 모양이 많이 바뀌게 된다. 이것은 용접품질에 영향을 줄 수 있는 요인으로 작용하게 된다. 레이저 용접은 그 특성상 용접 중에 작업자가 눈으로 플라즈마와 비드의 상태를 계측하여 품질을 판단 할 수 없고, 또한 고속으로 수행되기 때문에 용접 후 사람의 눈으로 판단하는 것은 그 생산성 악화의 원인이 된다. 그러므로 더 좋은 생산성 확보를 위해서는 용접 공정 중에 실시간적으로 판단하는 용접 품질 판단 알고리즘과 시스템이 필요하다.

Chen 등 ¹⁾은 용접부에서 나오는 자외선 신호와 적외선 신호를 동시에 계측하여 용접품질을 판단하였으며, 레이저출력, 보조가스, 용접속도 등을 변화시켜 이에 따른 신호의 거동도 연구하였다. Miyamoto 등 ²⁾은 최대 파장감도가 적외선 파장대(950nm)인 포토 다이오드(photodiode) 두개를 각도를 다르게 하여 플라즈마를 계측한 후 용접품질을 판단하는 연구를 진행시켜 왔다. 또한 Rhee 등 ^{3), 4)}은 레이저 용접 품질에서 가장 중요한 요소인 비드의 폭과 높이를 회귀 분석과 신경 회로망을 이용하여 예측하였고, 퍼지 패턴인식 기법을 사용하여 용접품질을 판단하는 알고리즘과 시스템을 연구하였다.

따라서 본 연구에서는 레이저를 이용한 이중 두께의 테일러드 브랭크 용접시 발생할 수 있는 결함을 실시간적으로 검출할 수 있는 모니터링 알고리즘과 시스템을 개발하였다.

II. 실험장치 및 결함검출 알고리즘

Fig. 1 과 같은 실험 장치에서 자외선 영역과 적외선 영역의 두 가지 포토 다이오드를 사용하여 레이저 용접시의 플라즈마 광강도와 스펙터 또는 용융지에서 방출하는 빛을 계측하면, 각 신호는 레이저 출력, 용접속도, 시편의 상태, 보호 가스의 유량, 노즐의 상태등에 따라 신호가 변화하게 된다. 레이저의 출력저하, 또는 레이저 속도증가등 으로 인한 입열량이 감소하게 되면 각 신호들의 평균값은 감소하게 되고 그 신호의 표준 편차값은 증가함을 알 수 있다. 레이저의 초점이 용접선으로부터 벗어나게 되면 신호들 또한 변화하게 된다. 레이저 용접중 발생하는 고열에 의해 노즐의 위치가 변화하여도 계측되는 신호는 변화가 있게 된다.

본 연구에서는 모니터링 시스템을 통해 판단하고자 하는 용접품질의 종류를 양호한 용접이라 할 수 있는 적정 입열(optimal heat input)과 약간의 입열 부족(a little low heat input), 그리고 결함으로 분류할 수 있는 입열부족(low heat input), 초점 이탈(focus off), 그리고 노즐 이상 (nozzle change)로 나누었다. 또한 양호한 용접이 이루어지도록 용접 조건을 맞추어 여러 번 용접하고 그 때 얻어진 신호를 필터링하여 평균을 내어 기준신호로 정한다. 이를 바탕으로 새로운 용접을 했을 때, 얻어진 신호에서 기준 신호로부터 벗어난 신호의 개수와 표준 편차 값을 이용하여 퍼지 패턴인식 기법(fuzzy multifeature pattern recognition)을 사용하여, 각 센서별 신호들을 복합적으로 판단하여 결함을 예측하게 된다. Fig. 2 은 이 알고리즘의 순서도를 나타내고 있다.

III. 실험결과 및 고찰

구성된 실험 장치와 알고리즘을 사용하여 레이저 용접시 용접품질을 모니터링한 결과를 보면, Fig. 3 의 경우처럼 입열량이 적정한 경우는 기준선의 위나 아래의 한계선을 벗어나는 신호의 양이 적음을 알 수 있다. 뿐만 아니라 신호의 변화도비교적 적고 안정함을 보여주고 있다. 이런 경우는 용접 조건이 적정하여 레이저에 의해 기홀이 안정적으로 생성된 다는 것을 의미한다. 각 용접 품질의 클래스 별로 소속도 함수가 나타나 있는데 이중 적정 입열의 소속도가 가장 크므로 용접 품질은 적정입열로 판단하고 최종의 용접품질은 양호로 판단하게 된다.

Fig. 4 는 노즐의 위치가 변형되어 용접이 잘 안된 경우의 예이다. 이 경우 신호가 기준 데이터 밖으로 벗어나는 경우도 많을 뿐 아니라 신호의 변화도 크고 불안정 함을 알 수 있다. 이런 경우는 용접품질은 노즐이상으로 판단을 하고 결과적으로는 불량으로 판단하였다.

현재 이 프로그램은 이종두께 1.6, 2.0t 의 고장력강에 사용된 것으로 기준 데이터의 범위 및 퍼지 소속함수의 값을 변화 시키면 일반적인 레이저 용접 품질의 평가에 대해 사용되어질 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 레이저 용접시 발생하는 빛을 광센서를 이용하여 계측하고 이것을 퍼지 패턴인식 기법을 사용하여 레이저 용접시 발생하는 결함을 검출할 수 있는 알고리즘을 구축하였으며, 이를 사용하여 테일러드 블랭크 용접시 용접품질을 모니터링 할 수 있는 시스템을 구성하였다.

V. 참고문헌

1. H. B. Chen, L. Li, D. J. Brookfield, K. Williams, and W. M. Steen, "Laser Process Monitoring with Dual Wavelength Optical Sensors", Proceeding of ICALEO '91, pp. 113-122, (1991)
2. K. Mori, H. Sakamoto, and I. Miyamoto, "Detection of Weld Defects in Tailored Blanks", 日本溶接學會 論文集, 14(4), pp. 689-693, (1996)
3. H. Park, and S. Rhee, "Estimation of Weld Bead Size in CO2 Laser Welding by using Multiple Regression and Neural Network", Journal of Laser Applications, Vol. 11, No. 3, 1999, pp.143-150
4. H. Park, and S. Rhee, "Analysis of Mechanism of Plasma and Spatter in CO2 Laser Welding of Galvanized Steel", Optics & Laser Technology, Vol. 31, No.2, 1999, pp.119-126

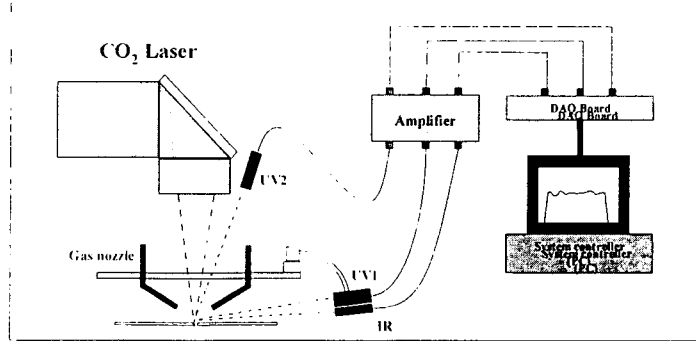


Fig. 1 Schematic Diagram of the Monitoring System

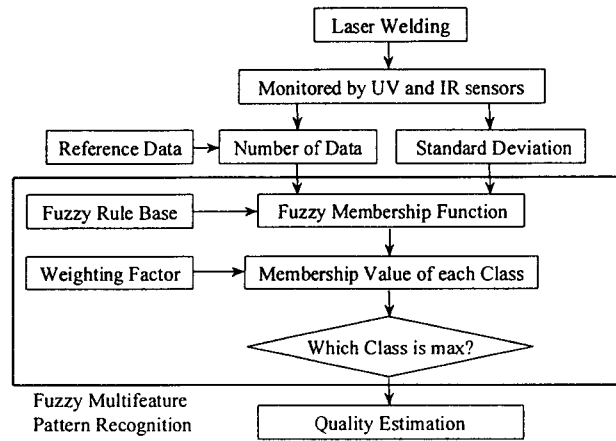


Fig. 2 Flow Chart of Monitoring Algorithm

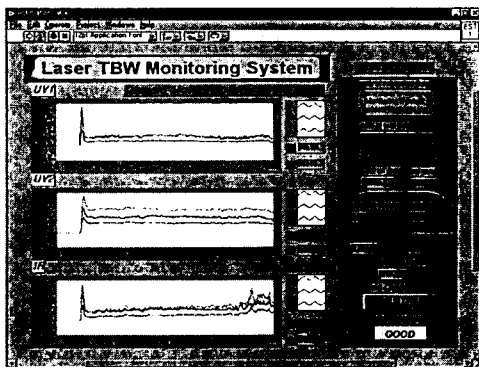


Fig. 3 Example of System (Optimal Heat Input)

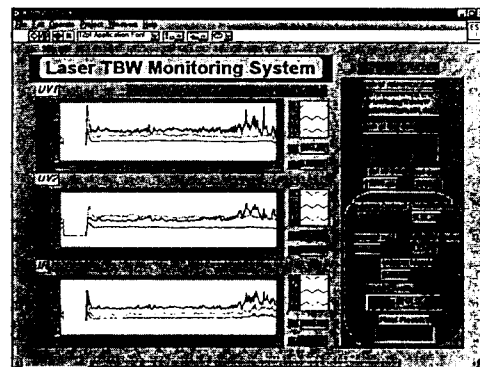


Fig. 4 Example of System (Nozzle Change)