

# 시각센서를 이용한 레이저 용접에서의 용접선 추적과 용융풀 모니터링에 관한 연구

## Vision sensor-based seam tracking and weld pool monitoring in laser welding by using a vision sensor

이승기, 나석주

한국과학기술원 기계공학과, 대전광역시

### 1. 서론

Pulsed Nd:YAG 레이저를 이용한 seam 용접은 용접선을 가지기 때문에 용접선 추적이 필요하게 되고 여러 용접 변수들과 용접 품질과의 관계를 파악하여 제어해줌으로써 좋은 용접 품질을 얻는 것이 필요하다. 레이저 용접에서 모니터링에 관한 연구는 용접시 발생하는 플라즈마나 용융풀에서 발생하는 빛의 신호와 소리를 측정하는 방법과 고속카메라와 보조광을 사용하여 용융풀을 시각적으로 관찰하는 방법에 관한 내용이 주로 수행되었다<sup>1-5)</sup>. 일반적인 용접공정의 용접선 추적에 적용되는 시각센서는 구조화된 보조광을 사용하여 용접이 이루어지는 위치보다 앞부분의 정보를 측정하기 때문에 미세한 용접부의 레이저 용접에는 적합하지 않다. 본 연구에서는 보조광의 사용없이 CCD 카메라와 광대역필터를 사용함으로써 용융풀을 모니터링하고 이를 바탕으로 선행거리를 가지지 않고 용융풀의 정보를 이용하여 용접선 추적을 수행하는 시각센서를 개발하였다.

### 2. 시스템 및 모니터링

용접선 추적과 용융풀 모니터링을 위한 전체 시스템 개요는 1-1과 같다. 펄스형 Nd:YAG 레이저에서 레이저 빔이 발진되면 레이저 펄스신호는 CCD 카메라와 동기 시켜주는 회로를 거쳐 PC로 들어가게 된다. PC에서는 레이저 발진 후 일정한 지연시간 후 CCD 카메라의 셔터를 동작시키기 위해 셔터 트리거 펄스를 CCD 카메라 제어부에 보내주게 된다. 획득된 영상은 CCD 카메라를 통해 PC의 영상처리보드로 입력되어 영상처리를 통해 구동부에 신호를 주게 된다. 전체 시스템의 사진은 Fig. 2와 같다. 사용된 시각센서는 CCD 카메라, 매크로 렌즈, 광대역필터, 접사링으로 구성된다. 시각센서의 FOV(field of view)는 4x3mm 이고, 분해능은 약 6 $\mu$ m 이다. 용융풀에서 나오는 빛 플라즈마의 영향을 줄이기 위해 810nm의 광대역필터를 사용하였다. 사용된 CCD 카메라는 원하는 순간에 영상획득을 위해 one-pulse trigger mode로 사용하였다.

측정시간에 따른 영상을 관찰하기 위해 가장자리 용접부(edge joint)에 용접을 수행하면서 레이저 발진 시작 후 0.5, 0.7, 1.0, 1.4ms 일 때의 영상을 획득하여 보았다. Fig. 3에서 보듯이 시간이 지남에 따라 용융풀의 크기가 증가하고 영상의 밝기 분포도 변함을 알 수 있다. 0.5ms 이전에는 용융풀의 밝기가 약하여 시각센서로 측정이 불가능하였고, 1.4ms에서는 발생한 플라즈마의 영향으로 유용한 정보를 얻기가 불가능하였다. 따라서 모니터링 및 용접선 추적에 필요한 영상정보는 레이저 발진 시작 후 1.0ms로 선택하였다.

### 3. 용접선 추적

기존의 시각센서들이 주로 사용하는 구조화된 보조광(레이저 다이오드 평면)을 사용하는 방법은 레이저 다이오드 평면이 대상물에 맺히는 위치인 레이저 띠의 위치가 높이에 따라 변하고 레이저 띠 위의 각 점들의 좌표가 폭 방향으로 다르기 때문에 교정을 통하여 영상좌표와 3차원 좌표들과의

관계를 알아내어 용접부의 위치정보를 알게 된다. 본 연구에서 제안한 시각센서의 원리는 레이저 다이오드의 보조광 역할을 용융풀이 하게 되는 것이다. Nd:YAG 레이저 빔이 CCD 카메라에 대해 각도를 가지고 조사되므로 기존의 센서들과 마찬가지로 용접부의 높이에 따라 CCD 카메라에 맺히는 용융풀의 위치가 달라지게 된다. 빔 축을 따른 단면인 평면을 기존의 시각센서의 보조광인 레이저 평면으로 생각할 수 있기 때문에 그 평면이 모재와 만나는 부분인 용융풀의 중앙을 지나는 직선을 레이저 띠로 생각할 수 있다. 조사되는 Nd:YAG 레이저 빔에 의한 용융풀의 크기는 용접 조건 등에 의해 달라질 수 있으므로 용융풀의 중앙을 지나는 직선을 이용하는 것이 타당성이 있다. 위의 원리를 이용하면 별도의 보조광의 도움없이 기존의 시각센서의 원리와 교정방법을 이용하여 용접부의 위치정보를 알 수 있다. Fig. 4는 임의의 각도를 가진 가장자리 용접부를 시각센서를 이용하여 용접선 추적을 수행한 결과이다.

#### 4. 결론

보조광을 사용하지 않는 시각센서를 이용하여 용융풀을 모니터링하고 용접선 추적을 수행하였다. 용융풀은 영상획득 시점에 따라 크기와 밝기 분포가 특징을 나타내었으며 이를 이용하여 향후 품질제어에 응용할 수 있을 것이다. 용접선 추적은 측정된 용융풀을 이용하여 선행거리없이 용접선 정보를 추출할 수 있었다.

#### 후기

이 논문은 2000년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음. (KRF-2000-E00501)

#### 참고문헌

1. P. E. Denney and E. A. Metzbower, "Synchronized Laser-Video Camera System Study of High Power Laser Material Interactions", ICALEO, 1991, pp.84-93.
2. Ron W. Schimon and Jyoti Mazumder, "Monitoring of Interface Width during Laser Lap Welding through Visualization", ICALEO, 1993, pp.382-392.
3. Robert Ducharme et al., "The Laser Welding of Thin Metal Sheets: An Integrated Keyhole and Weld Pool Model with Supporting Experiments", J. of Physics D: Applied Physics, Vol.27, 1994, pp.1619-1627.
4. J. Griebisch et al., "Process Optimization of Pulsed Laser Welding", ICALEO, 1994, pp.173-182.
5. V. V. Semak et al., "Melt Pool Dynamics during Laser Welding", J. of Physics D: Applied Physics, Vol.28, 1995, pp.2443-2450.