

펄스형 Nd:YAG 레이저 용접시 가장자리 용접부의 용융풀 모니터링에 관한 연구

Weld pool monitoring of edge joint in pulsed Nd:YAG laser welding

이승기*, 나석주*

*대전광역시 유성구 구성동 한국과학기술원 기계공학과

1. 서론

레이저 용접 공정이 적용되는 여러가지 용접부 중 가장자리 용접부(edge joint)는 간극(gap), 단차(misalignment), 용접부의 두께 등에 따라 용입(penetration)이 변하게 된다. 따라서 용접 수행 중 이러한 특징들을 측정하여 일정한 용입이 이루어지도록 모니터링하고 제어하는 것이 필요하다. 일반적으로 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 수행되었다¹⁻⁵⁾. 본 연구에서는 CCD 카메라와 광대역필터를 사용하여 레이저가 조사되는 중에 용융풀을 영상을 모니터링하여⁶⁾, 용접부의 조건과 용접변수에 따른 용융풀의 특징, 이들과 용입과의 관계에 관한 연구를 수행하였다.

2. 대상 및 시스템

본 연구의 대상으로는 Fig. 1(a) 와 같이 용접진행 중 두께가 변하는 가장자리 용접부를 대상으로 하였다. 용접시 용접부의 상태에 따라 Fig. 1(b) 와 같이 간극(gap), 단차(misalignment), 두께변화를 모니터링하여 항상 일정한 용입이 발생할 수 있도록 하게 된다. 펄스형 Nd:YAG 레이저에서 레이저 빔이 발진되면 레이저 펄스신호는 CCD 카메라와 동기 시켜주는 회로를 거쳐 PC 로 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 PC 의 영상처리보드로 입력되어 영상처리를 통해 구동부에 신호를 주게 된다. 사용된 시각센서는 CCD 카메라, 마이크로 렌즈, 광대역필터로 구성된다. 시각센서의 FOV(field of view) 는 2.6 x 2.0mm 이고, 분해능은 약 4 μ m이다. 용융풀에서 발생하는 플라즈마의 영향을 줄이기 위해 810nm 의 광대역필터를 사용하였다. 사용된 CCD 카메라는 원하는 순간에 영상획득을 위해 one-pulse trigger mode 로 사용하였으며, 시간에 따라 급격히 변하는 영상을 잡기 위해 non-interlaced 방식을 사용하였다.

레이저 펄스가 조사되는 동안 용융풀은 시간이 지남에 따라 온도와 크기가 커지게 되고 이에 따라 각 순간에서 측정할 수 있는 영상의 특징이 달라지게 된다. Fig. 2 는 빔폭(beam width)이 1.2ms 인 경우 0.4ms 와 1.0ms 에서의 두께별 용융풀의 영상이다. 0.4ms 에서의 영상은 용융풀이 완전히 커지기 전의 영상으로서 아래쪽 경계부분의 간극, 단차에 따른 특징과 용접선의 정보를 잘 나타내 주고 있지만, 1.0ms 에서의 영상은 용융풀의 크기가 증가하여 기하학적인 특징보다는 풀의 크기와 발기와 같은 용입에 대한 정보를 가지게 된다. 따라서, 실제 용접시 Fig. 3 에서와 같이 빔조사 초반과 후반부의 영상을 번갈아 가면서 모니터링하는 방법이 유효함을 알 수 있었다.

3. 용접조건과 용입과의 관계

본 연구에서는 용입의 허용치를 0.25mm로 선정을 하여, 용접변수를 변화해 가면서 두께에 따른 용입의 변화를 Fig. 4에서 살펴보았다. 각 조건에서의 용입을 바탕으로 하여 적절한 용접변수는 0.2

T+0.2T의 경우 2.3J, 1.5ms, 0.2 T+0.1T의 경우 2.5J, 2.0ms, 0.2 T+0.5T의 경우 2.5J, 2.0ms 로 선정하였다. Fig. 5는 각 두께별 용융풀의 크기를 비교한 것이다. 용접 조건에 따른 용입의 크기와 유사한 경향을 보인다. 용융풀의 크기 외에도 밝기나 면적, 기하학적 특징들의 경향에 대한 비교도 필요할 것으로 생각된다.

4. 결론

두께가 변하는 가장자리 용접부의 일정한 용입을 모니터링하기 위해 적절한 용접변수를 선정하였고 시각센서를 이용하여 용융풀을 모니터링하여 용입의 변화와 영상의 특징을 비교하였다. 용융풀은 영상획득 시점에 따라 크기와 밝기 분포가 특징을 나타내었으며 이를 이용하여 적절한 영상획득 시점을 찾을 수 있다. 용융풀의 크기와 밝기, 면적 등을 이용하여 용입과의 관련성을 파악하는 연구가 필요할 것이다.

후기

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

참고문헌

1. P. E. Denney et al., "Synchronized Laser-Video Camera System Study of High Power Laser Material Interactions", ICALEO, 1991, pp.84-93.
2. Ron W. Schimon et al., "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.
6. 이승기, 나석주, "시각센서를 이용한 레이저 용접에서의 용접선 추적과 용융풀 모니터링에 관한 연구", 대한용접학회 춘계학술발표대회, 2001, pp.303-307

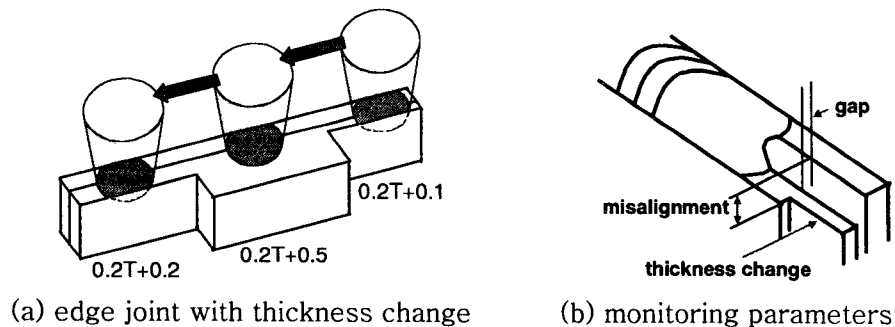


Fig.1 Target and monitoring parameters

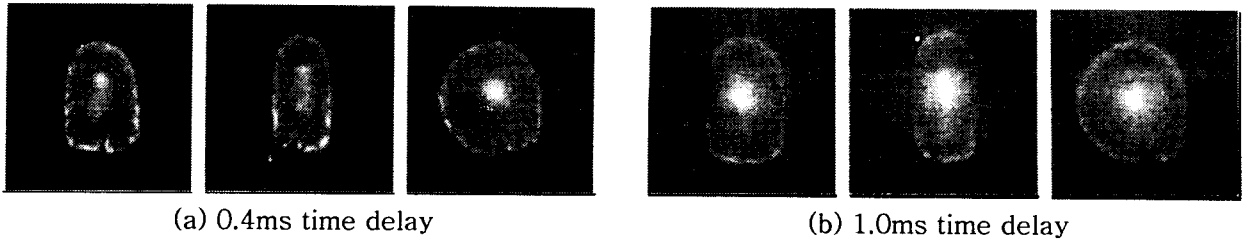


Fig.2 Weld pool images with time delays

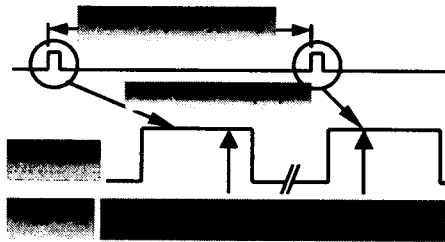


Fig. 3 Time delay for weld pool monitoring

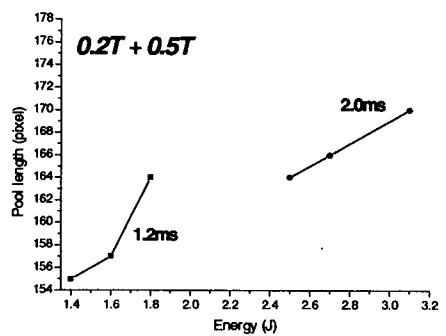
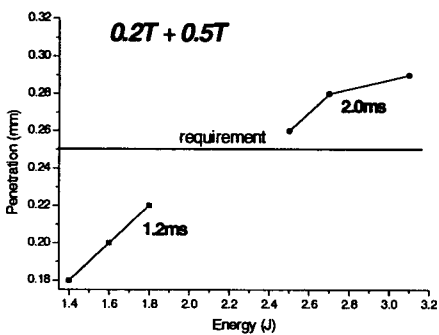
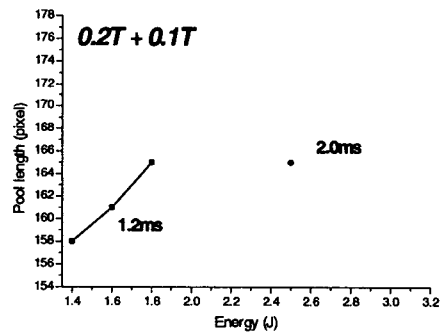
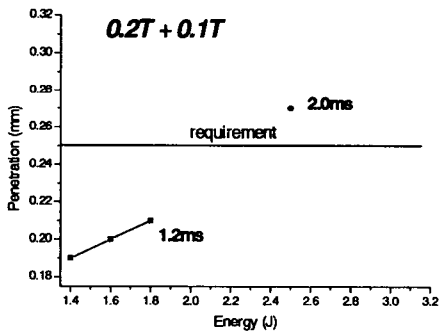
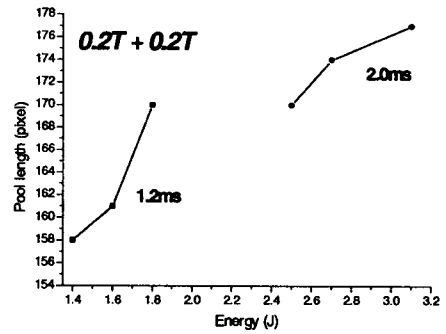
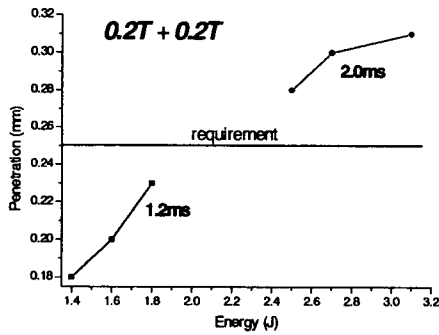


Fig. 4 Penetration and welding parameters

Fig. 5 Weld pool size and welding parameters