

적외선센서를 이용한 CO₂ 레이저 용접부 표면온도 계측에 관한 연구 A study of infrared surface temperature measurement on CO₂ laser welding

이목영*, 김재웅**, 김기철*

* (재) 포항산업과학연구원 용접센터

** 영남대학교 기계공학부

1. 서 론

레이저 용접은 고밀도에너지빔을 이용하여 소재를 용융시켜 접합하는 방법이다. 일반적으로 용접이 가능한 에너지밀도는 $10^5 \sim 10^6 \text{ W/cm}^2$ 으로 알려져 있으며, 이러한 에너지 밀도를 얻기 위해서는 레이저 출력 1,000W인 경우 집속빔 직경은 0.25mm 이하이어야 한다. 그러므로 레이저 용접에서는 이음부 간극 혹은 용접선의 정렬정밀도를 레이저빔 직경의 1/3 이내로 관리하여야 한다. 그러나 실제 용접에서는 용접열에 의한 변형 등에 의하여 용접부 관리가 더욱 어려워지므로 용접불량이 발생할 가능성이 있다. 한편 레이저 용접부는 키홀에 의하여 형성되므로 비드폭의 변화가 좁으므로 외관상으로 용접품질을 평가하기가 곤란하다. 따라서 레이저 용접부 품질은

용접과 동시에 실시간으로 판정하는 것이 유용하다.

2. 사용재료 및 실험방법

레이저 용접부 표면온도분포는 적외선 감지장치를 이용하여 측정하였다. 사용된 적외선 감지장치의 분광학적 특성은 900~1,700nm 파장범위의 근적외선에 대해 반응하는 Ge 배열센서를 사용하였다.

온도측정장치의 구성은 Fig. 1에 나타난 것과 같이 Cu반사경으로 빛을 굴절시켜 레이저헤드와 온도측정장치의 간섭을 방지하였으며, 렌즈의 앞부분에 slit을 설치하여 측정영역 이외의 부분에서 방사되는 빛을 차단하였다. 이러한 빛을 렌즈로 집속시켜 적외선 센서에 조사되게

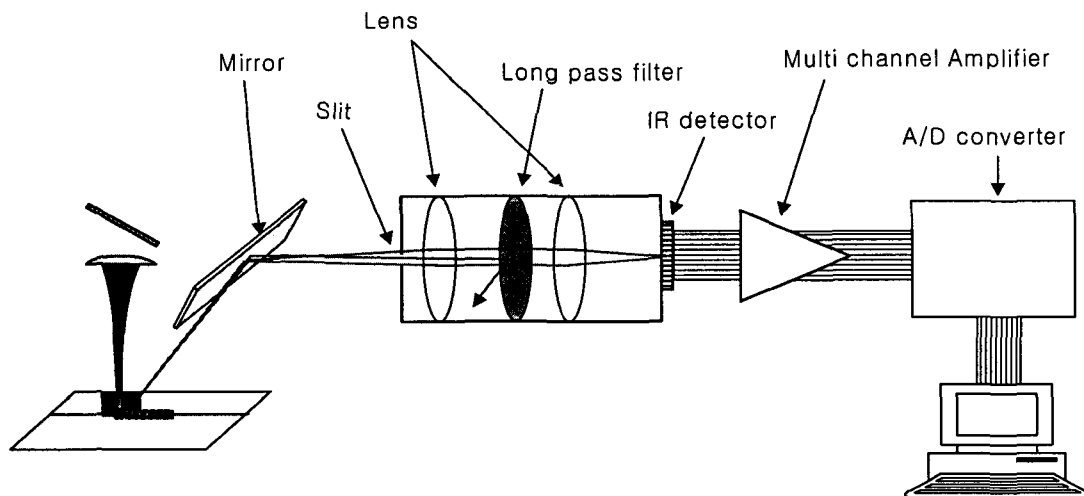


Fig. 1 Sketch of the surface temperature measurement system

하였다. 렌즈 사이에 850nm 이상의 장파장빛만을 통과시키는 필터를 사용하여 레이저플라즈마에 의한 영향을 방지하였다. 적외선 센서의 신호는 Pre-amplifier으로 증폭시킨후, A/D 변환하여 컴퓨터로 계측하였다.

3. 실험결과 및 고찰

적외선 온도측정은 시편표면으로부터 센서까지의 거리변화에 따라 센서출력이 변화하며, 본 연구에서는 소재를 일정한 온도로 저항가열시킨 후 열전대를 사용하여 비교 측정하였다. Fig. 2는 적외선 온도측정장치의 온도보정결과를 나타낸 것이다. 그림에서 온도가 낮은 450℃의 경우 -2.0mm 이하 혹은 2.0mm 이상의 기저수준은 센서의 출력이 0에 가까웠으며, 적외선이 방사되는 -2.0~2.0 mm의 출력전압은 0.2볼트 가량이었다. 온도가 증가할수록 센서의 출력은 증가하였으나, 온도곡선의 형태는 정규분포와 유사한 형태를 보였다. 소재강판의 가열온도 950℃ 이상에서 적외선 온도측정장치의 출력전압은 10볼트로 포화되어 보다 낮은 온도에서 측정된 결과와 다른 양상을 보였다. 한편 소재의 가열온도가 증가할수록 기저온도가 증가하였는데, 이러한 이유는 정도의 차이는 있지만 모든 방향으로 복사열전달이 이루어졌기 때문이다.

Fig. 3은 여러 온도에서 적외선 온도측정장치의 출력전압의 최고치를 나타낸 것이다. 그림에서 심볼은 실제 측정점이며, 실선은 측정데이터를

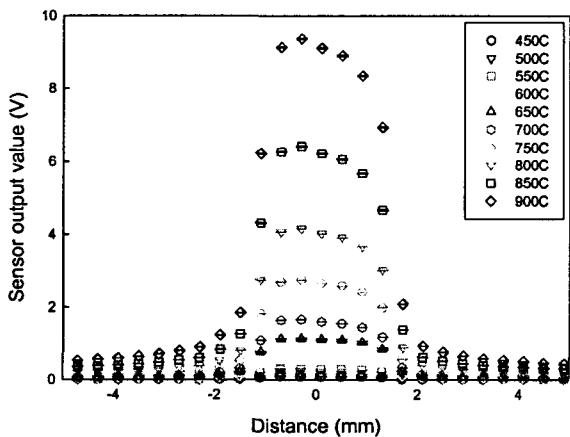


Fig. 2 Surface temperature profiles of resistance heated specimen 근거로 회귀분석한 결과이다. 회귀분석식의 합

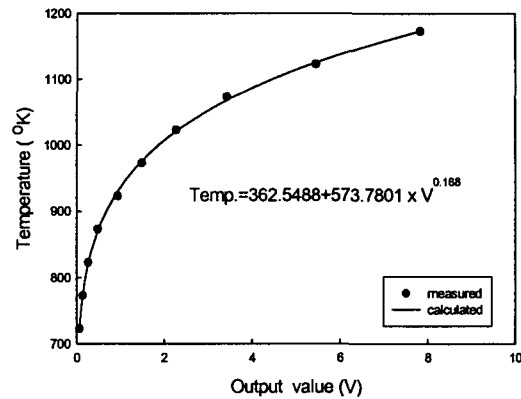


Fig. 3 Relationship between temperature and sensor output

수는 복사열전달에서 복사에너지의 양이 온도의 4제곱에 비례한다는 점에 근거하였다. 두께 0.6mm의 냉연강판을 저항가열하는 경우 적외선 온도측정장치의 출력전압과 온도는 다음 식 1의 형태이었으며, 신뢰도는 99.9%이상이었다.

$$Temp. = 362.5xV^{0.168} \text{ ----- (1)}$$

적외선온도측정장치의 출력전압은 대략 온도의 6제곱에 비례하였다. 이러한 차이는 복사대상이 흑체가 아니며, 센서의 출력이 입력에너지와 선형적인 비례관계를 갖고 있지 않았다는 점등 여러 가지 외란요인이 작용하였기 때문으로 판단된다.

Fig. 4는 두께 1.2mm 냉연 강판을 용접속도 2m/min에서 용접한 용접부 단면조직을 레이저 출력에 따라 나타낸 것이다. 레이저 출력 1,000W에서는 소재강판의 상부 일부만이 용융되었다. 레이저 출력이 높은 1,500W에서는 완전용입이 이루어졌으며, 레이저 출력이 증가함에 따라 용접부 폭이 넓어졌다. 레이저 출력 2,500W 이상에서는 레이저 빔이 입사된 상부 표면이 넓은 와인컵(wine cup)형상의 비드가 형성되었다. 이러한 와인컵 형상의 용접비드는 용접부 표면 직상에 형성된 플라즈마로부터 방사된 복사열에 의하여 형성된다. 용접부 기공 혹은 균열과 같은 용접결함은 형성되지 않았다. Fig. 5는 두께 1.2mm의 냉연강판을 레이저로 용접하는 경우, 용융지로부터 6mm지점의 온도를 적외선 센서로 계측한 과를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와같이 용접부 표면온도의 최고치는 용입깊이와

매우 우수한 상관관계를 보였다.

4. 결 론

두께 1.2mm 자동차용 냉연강판을 대상으로 용접부 표면온도와 용접부형상의 관련성을 알아 보았다. 용접부 표면온도와 용접부 형상은 연관성이 매우 큰 것으로 보여 레이저 용접에서 용접 품질관리에 유용하며, 용입깊이를 일정하게 유지하기 위한 제어인자로 활용이 가능할 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. Miyamoto and K. Mori; Development of in-process monitoring system for laser welding, ICALEO '95 Proceedings, 759-767
2. Maurice Houlot and Enrique Nava-Rdiger; Integration of real time quality control systems in a welding process, ICALEO '95 Proceedings, 563-572
3. Dale U. Chang; Real-Time laser weld quality monitoring system, ICALEO '95 Proceedings, 1128-1137
4. Duley, W.W., and Mao, Y.L.; Effect of surface condition on acoustic emission during welding of aluminium with CO₂ laser radiation, Journal of Physics, D-Applied Physics. 27-7 (1994), 1379-1383

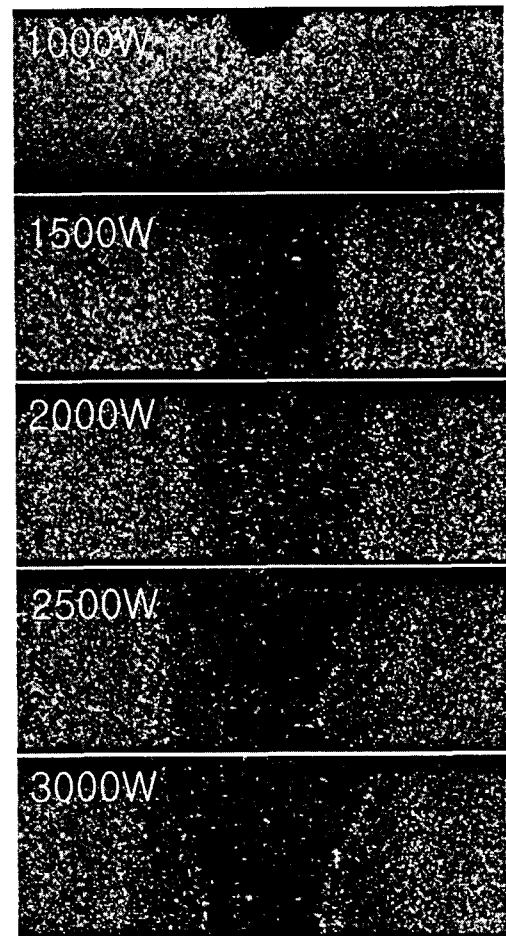


Fig. 4 Cut view of laser weldment according to laser power

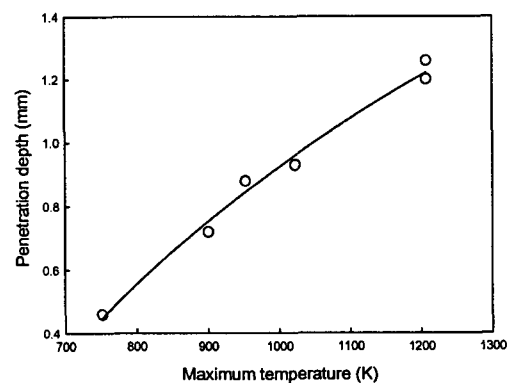


Fig. 5 Relationship between penetration depth and maximum temperature