

스테인레스 박판의 Nd:glass 레이저 용접시의 온도 특성 분석

The characteristic analysis of the temperature profiles in the Nd:glass laser welding of the stainless foil

고 현 진*, 이 문 호*, 박 봉 엽*, 전 상 략**

* 국방과학 연구소, 대전

** 삼성항공 연구소, 대전

1. 서론

금속 박판을 레이저 용접하여 밀봉하는 경우, 용접 접합 부분의 온도 상승은 온도에 민감한 내부 물질에 악 영향을 줄 수 있는 매우 중요한 요소이다. 따라서 본 연구에서는 스테인레스 박판의 레이저 용접시에 용접 접합부의 온도 변화에 주된 작용을 하는 용접속도 및 점용접의 중첩에 따른 온도상승 효과를 검토하였다.

2. 시험

Stainless 박판의 용접 부위 및 형태는 Fig. 1 에서 보는 바와 같이 디스크 상면 가장자리를 점용접으로 중첩 용접하였다. 시험모델에 사용한 재질은 STS 304 stainless 박판(0.07 mm)이고, 용접부의 가장 근접한 부위의 온도를 측정하기 위하여 디스크 밑면과 맞닿는 원통 내부면에 열전대를 저항용접으로 부착하여 사용하였다.

Laser 용접원은 고정되어 있고 용접물이 회전됨에 따라 점용접이 중첩되며, 용접 시작점은 열전대가 부착된 위치에서 180° 떨어진 곳에서부터 용접을 시작하여 1회전하는 동안 온도를 측정하였다. 용접조건의 변화는 용접상태가 좋은 최적의 용접조건(용접조건 1, Table 1)을 구한 후 용접속도(Pulse rate) 및 용접의 중첩도(overlapping)를 달리함으로써 변화를 기하였다.

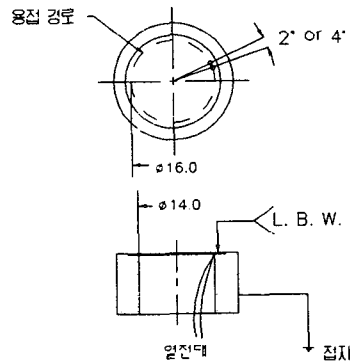


Fig.1 Configuration of the test model and the thermocouple location

온도측정에 사용한 열전대는 K-type(Chromel-alumel, $\varnothing=0.2\text{mm}$)이며, 용접물의 온도 차이로 발생된 기전력을 Signal Conditioning Amp.로 500배 증폭하였고 Waveform Digitizer는 Lecroy 6810으로 PC와 GPIB로 연결(Interface)하여 사용하였으며, 사용한 S/W는 Catalyst V4.01이다. 또한 측정시 레이저용접기의 자체 전원(power supply)으로 인한 60Hz Noise 를 제거하기 위하여 용접물을 접지시켰다. Fig.2는 기전력 전달체계, 계측장비 및 데이터 획득 흐름선도(Flowchart)이다

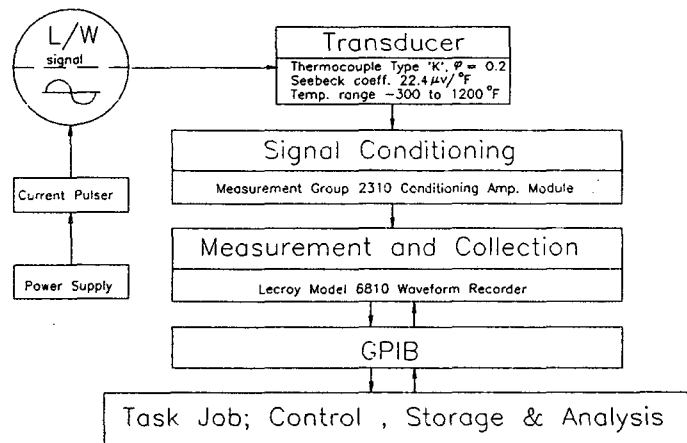


Fig. 2 Flow chart of Laser Spark, Sensing and Data Acquisition

3. 온도 특성 분석

시험에 사용된 Nd:glass laser 용접기의 최대 에너지 출력은 50 joules/pulse이며, power supply 인가 전압과 렌즈 초점거리(150mm)를 최적의 용접 집합 상태가 되도록 설정하였다. 점용접의 크기($\varnothing=0.6\text{mm}$)를 일정하게 하고 용접 변수인 pulse rate 및 중첩도를 변화시켜가면서 온도를 측정하여 Table 1과 같은 결과를 얻었다. 여기서, 용접물의 상온 온도는 20°C 이고 용접물의 중첩 정도는 점용접 간의 각도를 조정하므로써 변화를 취하였다.

측정된 시간/온도 profile은 Fig.3 와 같이 일정한 형상을 유지한다. 즉 열전대가 결합된 위치가 레이저 용접원으로부터 멀리 떨어진 지점에서 가까운 지점으로 접근할수록 온도는 올라가고 다시 멀어질수록 차츰 떨어지는 형상을 갖는다. 또한 중첩도가 클수록 평균온도 및 최고온도도 커지며 이러한 온도 상승효과는 pulse rate에 따라 증가한다. 그러나 중첩도가 낮으면 pulse rate가 온도상승에 주는 효과는 거의 없음을 알 수 있다.

Table 1. Temperature recording data summary for welding conditions

용접조건	pulse rate (ppm)	spot overlap(%)	pulse length(msec)	Max temp.(℃)	Mean temp(℃)
1	60	6	5	28.2	21.4
2	60	85	5	30.1	22.8
3	30	6	5	28.1	21.5
4	30	85	5	29.1	22.0

한편, 열전대가 레이저원 부근을 지날 때의 온도 profile을 확대해서 보면, laser source가 sample에 spark를 일으킬 때 현격한 온도 변화가 있음을 알 수 있다. 용접조건 1, 3의 경우를 비교한 Fig. 4에서 pulse rate가 2배로 큰 용접조건 1의 경우에 있어서 peak temp. 점들이 2배만큼 촘촘히 형성되어 있으며 그로인해 온도 높낮이도 상대적으로 작음을 알 수 있다.(용접조건 1의 경우 $\Delta T \cong 4.2^\circ\text{C}$, 용접조건 3의 경우 $\Delta T \cong 5.2^\circ\text{C}$) 이러한 경향은 용접조건 2, 4의 비교에서도 나타났다.

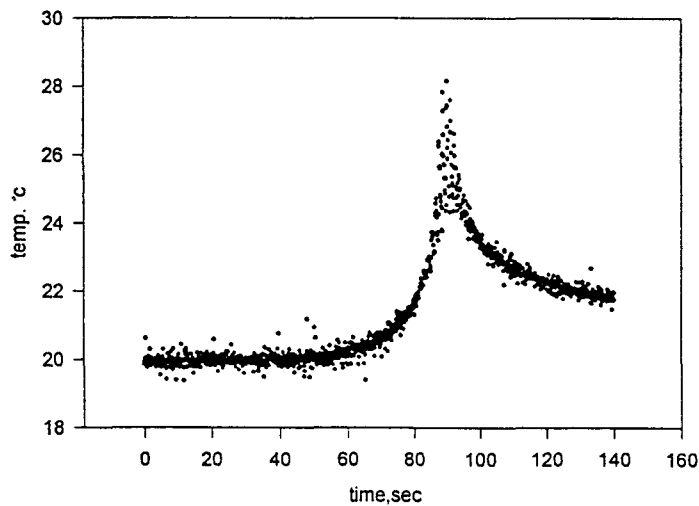


Fig. 3 Temperature recording for the laser weld cond. no.1

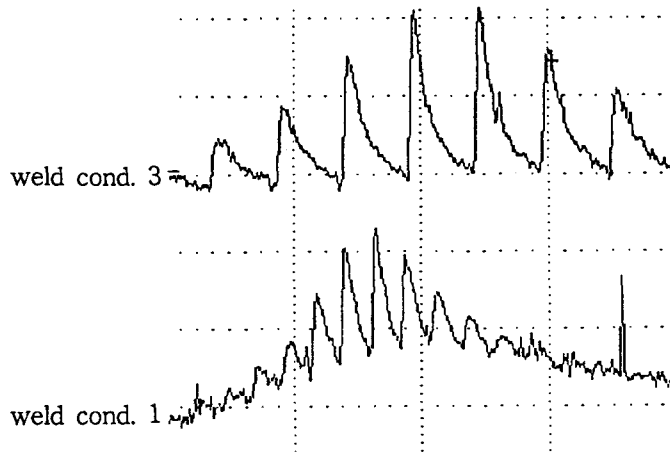


Fig.4 The comparison weld cond. no.1 & 3 in the extended range,
Temp.profile of weld con.3 is switched 3 div. higher than that of
weld cond.1 (5sec/div. in the X-axis, 2.5°C/div. in the Y-axis)

4. 결론

1. STS 박판(0.07mm)의 상면에 점용접의 크기($\varnothing=0.6\text{mm}$)를 일정하게 하고 용접할 때, 용접점으로 부터 1mm 떨어진 박판 하면에서의 온도 상승은 10°C 에 불과하다.
2. Pulse rate를 달리했을 때의 평균 온도 및 최대 온도의 차이는 미미하다. 다만, 열전대가 부착된 위치가 Laser 용접원 밀편을 지날 때의 온도 높낮이는 Pulse rate가 큰 경우 상대적으로 작다. (Pulse rate, 60 ppm ; $\Delta T \cong 4.2^{\circ}\text{C}$, 30 ppm ; $\Delta T \cong 5.2^{\circ}\text{C}$)
3. 중첩의 정도를 크게했을 때의 평균 온도 및 최대 온도의 차이는 전반적으로 일정하게 상승하였다.

5. 참고문헌

1. MLM-2802, William. H. Jones(1981), Component Temperature Versus Laser Welding Parameters, Monstanto Research Co., U. S. Department of Energy.
2. H. Dean Baker, E. A. Ryder, N. H. Baker, Temperature Measurement in Engineering, Vol.1. 2ed 1963, John Wiley & Sons, Inc.
3. 이문호, 박봉엽, "레이저용접기의 원리와 작동", 국방과학연구소 연구보고서, GSRD-511-91067, 1991