

## 다구찌방법을 이용한 레이저용접 변수의 영향

(A Study on Effect of Laser Welding Variables by Taguchi Method)

강형식, 홍순국, 박인태\*  
Hiroki Yoshitake

LG전자(주) 생산기술센터  
PSL(주)

### 1. 서론

1897년 브라운관이 발명된 이후 발전을 거듭하여 1950년에 컬러수상관이 개발되었고 그후 CRT기술은 미국, 일본에서 경쟁적으로 신기술을 개발, 발전을 거듭하여 왔다. 또한, 고해상도 CRT의 요구로 평탄한 디스플레이 구조를 가지는 플랫폼형 브라운관이 제작되었고 많은 브라운관 메이커에서 경쟁적으로 참여하고 있다. 현재의 일반적인 컬러 CRT의 구조중에서 전자계 차폐기능을 가진 인너셴드와 인너셴드를 고정하기 위한 프레임은 수동으로 저항용접하여 조립하였으나 점차 높은 용접품질의 요구, 자동화의 요구로 레이저용접의 적용이 고려되고 있다. 본 연구에서는 이러한 요구에 대응하기 위한 인너셴드와 프레임의 레이저용접에 관한 연구로써 다단계 펄스 트레인 제어(Pulse Train Control)방식을 사용한 레이저용접 공정에서의 용접변수가 용접품질에 미치는 영향을 분석하여 레이저용접 시스템 제작을 위한 기초연구로써 실제적인 사용환경을 기준으로 실험을 수행하였다.

### 2. 실험

#### 1) 실험재료 및 용접장비

본 실험에 사용된 인너셴드 부품의 소재는 열간압연강판에 전자계 차폐를 위하여 Al을 수십미크론 코팅한후 흑연을 도포한 것으로 폭 20mm, 길이 50mm, 두께 0.15mm의 크기로 판재를 프레스로 성형한 부품에서 실제 용접에 사용되는 부분을 절취하여 사용하였다. 또한 실험에 사용한 프레임은 Cr 28% 함유된 0.6mm 두께의 고합금강으로 Table 1에 상세한 화학성분을, Table 2에 물리적 성질을 각각 나타내었다.

실험에 사용한 레이저용접 장비는 Nd:YAG 30 W급 펄스용접기로 일본의 PSL(Production Systems by Laser)사 QLSP기종을 사용하였다.

#### 2) 실험방법

실제 용접은 프레임 면위에 인너셴드를 두고 원형으로 홈을 가공한 클램핑 지그로 가압하여 레이저 스폿 용접하였다. 이때 용접기 특성인 Pulse Training 파형제어 기능을 사용하여 스폿 용접시 동일개소에 3회 연속 출사하도록 하여 프레임과 인너셴드사이의 갭이 존재하여도 극단적으로 용접성이 저하하는 것을 방지하도록 하였다. 펄스 수는 3회로하여 첫 번째는 고출력, 두번째는 중간출력, 마지막 세 번째는 낮은 출력을 사용하였다.

용접시료는 3가지 유형을 사용하였는데 ①1점 용접시료, ②2점 용접시료, ③3점 용접시료를 가지고 스폿 용접점간의 간격은 5mm로 두어 사용하였고 용접된 시편은 UTM을 사용하여 인장강도를 측정하였고 용접부 중앙 단면을 마이크로 커터로 절개하여 단면 폴리싱후 나이탈용액(1%)에 60초 동안 부식시켜 광학현미경으로 관찰하였다.

#### 3) 다구찌방법의 적용

본 실험에서는 2수준 제어인자 1개와 3수준 제어인자 7개를 사용할 수 있는 L18 직교배열을 적용하여 실험하였고 레이저용접 포인트 수인 1회, 2회, 3회를 신호인자로 주어 동특성으로 분석하였다. 실험에 사용한 제어인자는 W/D, Volt., Ton 1, Ton 2, Ton 3, Toff, 조사각도, 아르곤가스 유량으로 설정하였고 1회의 펄스열 출사에서 3회 출사가 되도록하여 계단식 파형제어 기능을 배려하였다. 각각의 인자수준은 기초실험시 인장강도를 가지고 상한과 하한을 고려하여 설정하였다. Table 3에 이들 제어인자와 수준수를 나타내었고 아르곤가스의 분사각도는 45° 로 고정하여 실험하였다.

### 3.결과 및 고찰

#### 1)용접변수의 영향

스폿 용접점수를 신호인자로 설정하여 동특성으로 실험한 각각의 용접강도에 대한 용접변수의 기여율을 조사하였다. 조사결과 레이저 조사 펄스 간격인 T off와 레이저 출사 유니트와 모재와의 거리인 W/D, 펄스열 기능의 첫 번째 펄스폭인 T on 1에 큰 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 즉 파워밀도와 직접 관여되는 W/D와 T on 1, 그리고 레이저 펄스에 의한 입열시 펄스간의 간격이 좁을수록 동일한 펄스 크기에 대하여 레이저 입열효과가 큰 것을 알 수 있다. 또한 상대적으로 레이저 조사각도와 아르곤 가스의 유량은 레이저 용접강도에 대해 작은 것으로 나타났다.

S/N비는 신호(Signal)와 잡음(Noise)의 상대적 크기를 의미하며 다구찌방법에서는 S/N비가 크다는 것은 데이터 산포가 적어 품질 손실이 작다는 것을 의미한다. 따라서 S/N비 분석을 통하여 공정의 최적조건을 설정하였다. 즉, W/D는 Just Focus + 1.5mm로 수직 입사시키고 390 Volt.에 펄스열의 첫번째 펄스는 2.0ms, 두번째 펄스는 1ms, 세번째 펄스는 0.4ms의 펄스폭을 가지며 각 펄스 사이는 8ms의 시간 간격을 지닌 3단 펄스열을 사용하며 아르곤 가스의 유량은 15 l/min로 선정하였다.

#### 2)용접부 품질

다구찌방법을 이용하여 선정된 레이저 용접 조건을 적용하여 재현성 실험을 한 결과 용접부 요구강도를 만족하는 용접부 너겟을 얻을 수 있었다. 용접부 박리시험후 형상을 Fig 1에 나타내었는데 (A)는 Fe 소재의 인너셸드이고 (B)는 프레임의 파단부 형상을 나타낸 것이다. 또 Fig 2에 용접부를 단면 촬영한 마이크로조직 형상과 단면에서의 경도값을 나타내고 있는데 결과에서 보여지듯이 용입부의 경도는 스테인레스인 프레임의 경도값과 유사하게 상승하였고, 특히 용입부 경계층에서도 특이한 경도상승은 나타나지 않았다. 또한 3개의 펄스열을 사용함으로써 언더컷(Undercut)이나 레인포스먼트(Reinforcement)의 발생크기가 감소하고 평활한 용접부를 얻을 수 있었다.

### 4.결론

컬러 브라운관을 구성하는 부품중 전자계 차폐기능을 가지는 Al과 흑연 코팅이 된 Fe 소재와 28%의 Cr을 함유하는 고합금강의 레이저 스폿용접에서 펄스 트레인 콘트롤 조사방식(펄스열 사용)에 의한 공정변수를 설정함에 있어 다구찌방법을 적용하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1)용접강도에 가장 큰 영향을 미치는 레이저 용접변수는 T off, W/D, T on 1 이고 레이저

- 조사각도 및 아르곤가스의 유량은 상대적으로 용접강도에 미치는 영향이 작다.
- 2) 펄스 트레인을 통한 적절한 용접조건으로 형성된 용접부는 요구강도를 충분히 만족시킬 수 있었다.
  - 3) 레이저 용접부는 STS 계열의 모재와 유사하게 경도가 상승하며 경계부에서의 특이한 경도변화는 없었다.

<참고문헌>

1. 브라운관 기술'95, LG전자, p 472-479
2. PSL Co., LASER 技術教材(Tel. : 81-427-74-8335)
3. Harlad Slinde, The Influence of Assist Gas During Laser Welding of Low-Alloy Steel, BOC Ltd., Preceeding of LAMP '92, Nagaoka(June,1992)
4. Li Zhiyuan, Laser Welding for Lap Joints of Thin to Thick Plate of Stainless Steel, Preceeding of LAMP '92, Nagaoka(June,1992)
5. Yamadaoka, Process Behaviour during High Power CO2 Laser welding of Zinc Coated Steel, Osaka Uni.
6. 高 隆夫, 薄板のレザ溶接部の硬度特性, 住友金屬工業(株), 第34回 Laser 熱加工研究會
7. 田口 Method Manual, LG전자

Table 1. Chemical composition of specimen (wt%)

Cr	Ni	C	Mn	Si	Fe
28.0	0.50	0.05	0.60	0.40	Balance

Table 2. Mechanical properties of specimen

Tensile strength	Elongation	Hardness(R <sub>B</sub> )	Melting Point
60 kgf/mm <sup>2</sup>	25 %	85	10 °C

Table 3. Welding Parameter

Parameter	구분	단위	Level		
			1	2	3
A	W/D	mm	J/F	J/F + 1,5	
B	照射각도	Deg(°)	0	5	10
C	Volt	V	390	405	420
D	Ton 1	msec	1,0	1,5	2,0
E	Ton 2	msec	0,5	1	1,5
F	Ton 3	msec	0,2	0,4	0,6
G	Toff	msec	4	6	8
H	Ar Gas 유량	l/min	25	15	0
M	Spot 수	EA	1	2	3

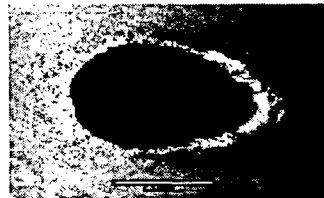


Fig.1 Fracture type

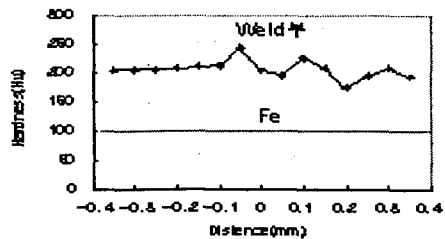


Fig.2 Hardness distribution in welding joint