

## 펄스형태에 따른 Nd:YAG Laser 용접특성에 관한 연구

### A study on the characteristics of pulse shapable Nd:YAG Laser welds

김 희봉\*, 정 진만\*\*, 김 철중\*\*, 이 창희\*

\*한양대학교 금속공학과, 서울

\*\*한국원자력연구소, 대전

1. 서론 : 레이저는 전자빔과 함께 대표적인 고밀도 열원으로서 기존의 아크용접에 비해 입열량이 적어 용접부의 재질특성 열화지역인 열영향부(HAZ)가 상대적으로 작고 자동화가 용이하여 용접도구로서 산업전반에서 각광받고 있으며 특히 Nd:YAG 레이저는 광섬유에 의한 에너지 전송이 가능하여 위험지역에서의 작업을 효과적으로 수행할수 있다는 장점이 있다. 1987년 T. M. W. Weedon에 의해 최초로 펄스형태를 변화시킬 수 있는 회로를 개발한 후 펄스형태에 따른 재료의 용접특성이 몇몇 학자에 의해 꾸준히 연구되고 있지만 아직 그 특성이 자세히 보고되지 못하다. 따라서 본 연구에서는 Austenitic Stainless Steel인 SUS 310S를 대상으로 펄스형태에 따라 위 재료의 용입특성을 평가하고 용접부에 존재하는 용접결함의 종류, 빈도, 위치를 파악해보았으며 disc type의 시편에 circular welds를 형성하여 용접성을 평가하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1 시편의 준비 및 제작

본 실험에 사용된 재료는 Nippon Metal Industry사의 SUS 310S 평판이며 JIG의 치수를 고려하여 시편은 30mm(W)×80mm(L)×2mm(T)의 크기로 절단하였으며 용접전에 시편표면의 상태를 일정하게 하기위해 SiC paper(#400)로 연마후 표면의 이물질제거를 위해 아세톤 세척후 다시 알코올로 세척하여 용접을 실시하였다. 또한, 용접성 평가를 위한 disc type의 시편은 환봉을 35mm $\phi$ ×1.2mm(T)로 가공하였고 비교실험을 위해 Inconel 600의 시편도 준비하여 위와 같은 과정의 용접전처리후 실험을 행하였다.

### 2.2 레이저 용접

본 실험에 사용한 레이저는 Rofin Sinar 사의 1.2kW급 펄스형 Nd:YAG 레이저이며 모델은 RSY-1000P이다. 발진기에서 발진된 빔은 빔확대기로 확대한 후 집광렌즈로 집속되어 800 $\mu$ m $\phi$  SI(step index)형 광섬유와 광섬유 첨단 Nozzle을 통해 용접위치로 전송되며 Nozzle의 집속렌즈는 초점거리가 20mm이다. 레이저 공정변수중 용접속도와 work distance는 고정시켰고 펄스폭과 펄스반복률 등을 조절하여 첨두출력을 변화시켰으며 펄스는 3가지형태 (General, Ramped-up, Ramped-down)로 변화시켜 Bead On Plate 형식으로 용접하였다. 용접후 관찰은 30mm 길이의 직선 용접부를 4부분으로 나누어 weld dimension을 측정하였고 용접성평가 시편은 4부분으로 절단하여 절단면의 균열여부를 검사하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

상승형(Ramped-up type)인 경우에 일반형 또는 하강형(Ramped-down)보다 용입성이 좋은 것을 알수 있었고 기공, 균열등의 용접결함의 발생빈도는 하강형인 경우가 효과적인 펄스형

태임을 알수 있었다. 또한, 균열감수성이 큰 재료인 SUS 310S와 원자력급 Inconel 600의 용접성 평가에서 310S의 경우 circular welds의 표면에서는 균열을 발견할 수 없었지만 crater와 용접부 내부에서 균열을 발견 할 수 있었다. 직경 12mm의 circular welds를 형성하였을 때 SUS 310S에서 General type의 펄스를 이용할 경우에 균열이 많이 발생하였으며 Ramped-up, Ramped-down type인 경우에는 균열감수성이 General type보다 작았다.

#### 4. 참고문헌

- 1) T. M. W. Weedon, LAMP'87, pp.75~80.
- 2) J. Mazumder *et al.*, ICALEO'95, pp.999~1008.
- 3) S. Katayama *et al.*, ICALEO'95, pp.846~855.
- 4) A. Matsunawa *et al.*, ICALEO'92, pp.547~556.
- 5) H. N. Bransch, D. C. Weckman, H. W. Kerr, Weld. J., Jun. 1994, pp.141-s~151-s

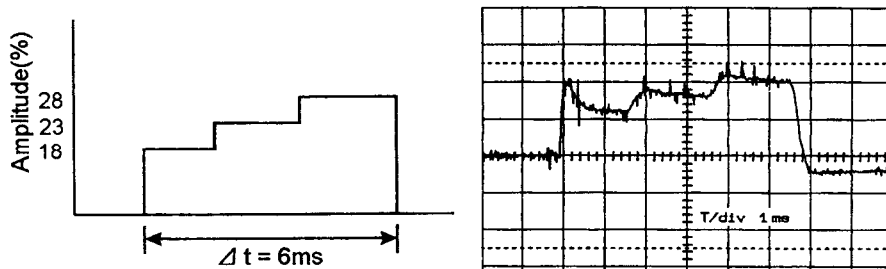


Fig. 1 Panel of laser apparatus for pulse-shaping and output shape of Nd:YAG laser beam. (Ramped-up type)

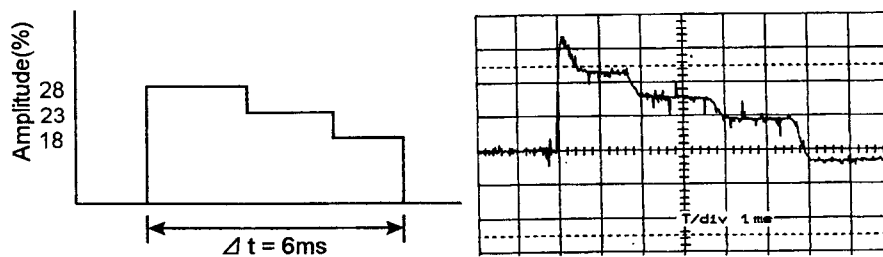


Fig. 2 Panel of laser apparatus for pulse-shaping and output shape of Nd:YAG laser beam. (Ramped-down type)

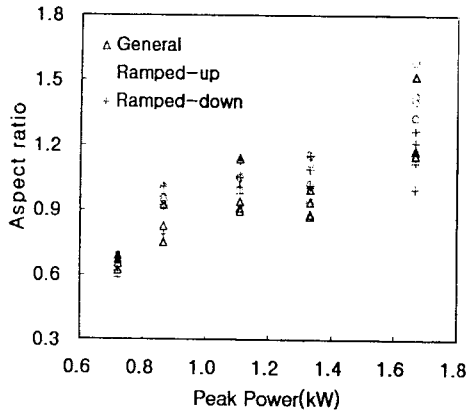


Fig. 3 Aspect ratio vs. peak power and type of pulse-shaping. (pulse width=6ms)

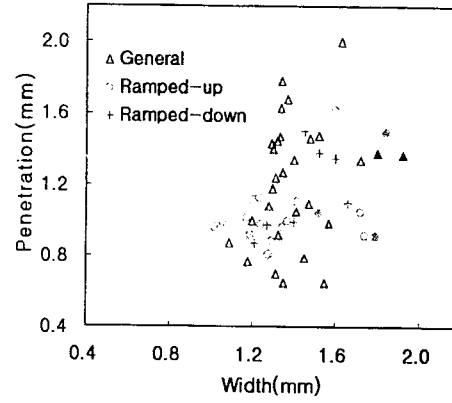


Fig. 4 The frequency of porosity and crack with variable weld-dimension.

Table 1 Pulse shapable Nd:YAG laser weldability test results.

Specimens (Pulse shape)	Sector No.	Crack generation		Specimens (Pulse shape)	Sector No.	Crack generation	
		12mm $\phi$	20mm $\phi$			12mm $\phi$	20mm $\phi$
SUS 310S (General)	1	○	×	Inconel 600 (Ramped - down)	1	×	×
	2	○	×		2	×	×
	3	○	×		3	×	×
	4	×	×		4	×	×
	Crater	○	○		Crater	Cavity	Cavity
Inconel 600 (General)	1	×	×	SUS 310S (Ramped - up)	1	○	×
	2	×	×		2	×	×
	3	×	×		3	○	○
	4	×	×		4	×	×
	Crater	Cavity	×		Crater	○	○
SUS 310S (Ramped - down)	1	○	○	Inconel 600 (Ramped - up)	1	×	×
	2	×	×		2	×	×
	3	×	×		3	×	×
	4	×	×		4	×	×
	Crater	○	○		Crater	Cavity	×