

브라운관 전자총 부품의 펄스 Nd:YAG 레이저 용접성 (제2보)
- 레이저 용접성에 미치는 보조가스의 영향 -

Pulsed Laser Weldabilities of Electron Gun Parts in Braun Tubes (Report II)
- Effect of Assist Gas on Laser Weldabilities -

김종도*, 하승협**, 조상명**
 양우영***, 김명도***, 김영식*

*한국해양대학교, **부경대학교, ***삼성SDI DC사업부

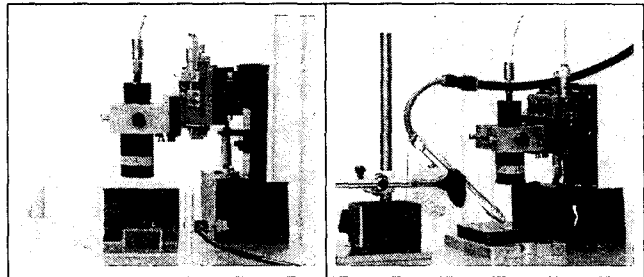
1. 서 론

브라운관 전자총 부품의 펄스 Nd:YAG 레이저 열원에 의한 점 용접시 발생하는 날림입자(spatter)의 전자총내 유입으로 인한 브라운관 마스크 막힘과 전자총의 단락현상 등을 방지하기 위하여, 본 산·학 연구의 제1보에서는 날림입자의 발생에 미치는 빔 집광광학계의 조사각도와 초점거리 등의 광학변수, 그리고 피용접재의 형상과 물성차이 등의 가공인자에 대한 연구결과를 보고하였다. 이외에도 날림입자의 거동에 미치는 지배인자로서 용접시의 산화현상을 수반하는 유기 플라즈마의 영향을 고려할 수 있다. 이러한 유기 플라즈마의 제어를 위한 방안으로써 보조가스의 적용은 불가피하며, 재료와 빔, 빔과 플라즈마, 재료와 플라즈마와의 상호작용에 관한 지견을 가지고 보조가스의 적용을 고려하여야 한다.

본 보고에서는 용접시 날림입자의 원인으로 작용하고 있는, 산화현상을 수반한 유기 플라즈마를 제어하기 위해 사용하는 보조가스가 레이저 용접성에 미치는 영향에 대해 검토하였다.

2. 실험방법

본 실험에서는 파장(λ)이 $1.064\mu\text{m}$, 15J/p (펄스 폭 5ms시)의 펄스 Nd:YAG 레이저를 사용하였으며, 기타 집광광학계의 상세는 기 보고된 문헌¹⁾을 참조 바란다. 사용재료는 전자총 부품재료와 동일한 두께 0.6mm의 STS 304(18%Cr-8%Ni)이다. 대기중과 보조가스(Ar, N₂, He, CO₂)를 사용하여 정적(static) 및 동적(dynamic) 실드가스분위기에서의 레이저 점 용접현상을 고속도 비디오 카메라(Max. $n_f=600\text{FPS}$)를 사용하여 계측하고, 용접현상의 차이를 명확히 하였다. 가스노즐을 사용한 동적 실드가스분위기에서는 가스노즐의 변수(노즐내경, 가스분사압력(유량), 노즐분사위치, 노즐분사각도)를 최적의 조건으로 선정하여, 가스종류에 따른 보조가스의 레이저 용접성에 미치는 영향을 검토하였다. 가스노즐은 2mm ϕ , 4mm ϕ 및 6mm ϕ 를 각각 사용하였으며, 노즐각도는 25°, 40°, 65°로 변화시켰다. Fig. 1에 레이저 용접을 위한 실드상황을 나타낸다.



(a) Shield box (b) Shield nozzle

Fig. 1 Shielding situation for laser spot welding.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 정적 실드분위기에서의 용접현상

정적 실드분위기(static shielding condition)에 따른 용접부 단면 비드형상과 유기 플라즈마의 변화를 Fig. 2에 나타낸다. 대기에서는 용접부 비드표면이 산화되었으며 완전 용입용접이 이루어진 반면, 가스 실드분위기에서는 용접부가 산화되지 않았으며 부분 용입용접이 이루어졌다. 대기중 격렬한 산화반응을 수반하는 유기 플라즈마의 거동은 실드분위기에서 보다 안정된 형상을 보이고 있다. 이것은 각 실드가스가 가진 물성의 차이에 기인하는 것으로 판단된다. 또한, CO₂의 경우, 다른 가스 실드분위기보다 다소 깊은 용입이 얻어졌는데, 이는 CO₂ 가스의 냉각작용 외에 분자의 해리에 의한 반응열 때문으로 사려된다. 레이저 빔 출력을 증가시켰을 때에도 용접현상은 거의 유사한 경향을 나타내었다. Fig. 3에 비슷한 용입깊이를 가지는 대기와 질소 실드분위기에서의 날림입자 발생정도를

나타낸다. 실드분위기를 조성하여 대기중의 산소와 플라즈마와의 산화반응을 억제함으로써 날림입자를 상당량 저감시킬 수 있었다.

· Bead on plate spot welding, STS 304 (0.6mm(t)), 6.84J/p, 12.5ms, $f_a=0$, GI600					
	Atmosphere	Ar	N ₂	He	CO ₂
Cross-section of bead					
Still pictures					

Fig. 2 Variation of weld bead shape and induced plasma by shielding situation.

· Bead on plate spot welding, STS 304 (0.6mm(t)), 20ms, $f_a=0$, GI600					
	Cross-section	Dynamic pictures			
Atmosphere 5.89J/p		1ms 	6ms 	8ms 	10ms
N ₂ 10.23J/p		2ms 	7ms 	9ms 	10ms

Fig. 3 Spattering situation in atmosphere and N₂ shielding gas.

3.2 동적 실드분위기에서의 용접현상

Fig. 4에는 가스노즐을 사용하였을 때의 동적 실드분위기(dynamic shielding condition)에서 노즐내경과 가스압력의 변화에 따른 용접결과를 나타낸다. 노즐내경이 작은 4mm ϕ 의 경우, 빠른 가스유속에 의해 대기중의 공기 유입으로 용접부가 산화되고, 가스 분사방향으로 플라즈마 형상과 비드가 기울어져 있는 방향성을 나타내고 있다. 6mm ϕ 의 경우는 용접부의 산화가 방지되면서 대칭형의 건전한 비드가 얻어졌다. 가스압을 0.8kgf/cm²에서 2.5kgf/cm²로 증가시키게 되면 6mm ϕ 에서 약간의 산화흔적을 보이지만 용접성과 플라즈마 거동에는 크게 영향을 미치지 않았다.

Fig. 5에는 실드가스 노즐의 분사각도 변화에 따른 용접부의 비드형상과 플라즈마의 거동을 나타낸다. Fig. 4의

· Bead on plate spot welding, STS 304 (0.6mm(t)) · 8.45J/p, 20ms, $f_a=-1$, GI600, shield gas: N ₂				
		Appearance	Cross-section	Still picture
0.8kgf/cm ² 25 l/min $\alpha=40^\circ$	4mm ϕ			
	6mm ϕ			
2.5kgf/cm ² 25 l/min $\alpha=40^\circ$	4mm ϕ			
	6mm ϕ			

Fig. 4 Variation of shape weld bead by shielding condition.

결과로부터 6mm ϕ 의 노즐직경을 채용한 결과, 용접부는 양호한 실드가 이루어져 산화되지 않았으며, 비드폭은 각도증가에 따라 미소하게 증가하였다. 유기 플라즈마 형상은 분사각도가 커짐에 따라서 재료표면으로의 팽창이 억제되는 경향을 나타내었으며, 날림입자는 $\alpha=25^\circ > 65^\circ > 40^\circ$ 의 순으로 발생하여 가스 분사각도의 의존성을 보였다. 가스압력을 0.8kgf/cm²에서 2.5kgf/cm²로 증가시켰을 때도 유사한 경향을 나타내었다.

Fig. 6에는 실드가스 종류 및 유량(유압)변화에 따른 비드외관의 산화상태와 용접단면의 형상변화를 나타낸다. 적용하는 가스종류와 유량(유압)에 따라서 산화상태나 비드단면의 형상은 제각기 다른 양상을 보이고 있다. 이것은 실드가스의 비중과 열전도 특성에 기인하는 것으로 판단된다.

· Bead on plate spot welding, STS 304 (0.6mm(t)) · 8.45J/p, 20ms, $f_a=-1$, GI600, N ₂ , 25 l/min(0.8kgf/cm ²) · Nozzle dia : 6mm ϕ			
Angle	Appearance	Cross-section	Still picture
$\alpha=25^\circ$			
$\alpha=40^\circ$			
$\alpha=65^\circ$			

Fig. 5 Comparison of weld bead shape and plasma by various shielding nozzle angle.
(Nozzle position : 10mm from weld spot)

· Bead on plate spot welding, STS 304 (0.6mm(t)), 8.45J/p, 20ms, $f_a=-1$, GI600 · Nozzle : $\alpha=40^\circ$, dia. : 6mm ϕ						
	Bead appearance			Bead cross-section		
	Ar	N ₂	He	Ar	N ₂	He
(a) 15 l/min 0.8kgf/cm ²						
(b) 25 l/min 0.8kgf/cm ²						
(c) 25 l/min 2.5kgf/cm ²						

Fig. 6 Variation of weld bead shape and bead appearance for shield gas species.
(Nozzle position : 10mm from weld spot)

4. 결 론

브라운관 전자총 부품의 펄스 Nd:YAG 레이저 용접성에 미치는 보조가스의 영향에 대해 실험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 레이저 용접부를 실드하여 대기중에서의 산화반응을 억제함으로써 재료내부의 기홀을 안정화시키고, 플라즈마를 제어할 수 있게 됨에 따라서 대기중 다량의 날림입자들을 대폭 저감할 수 있었다.
- (2) 가스 노즐을 사용한 동적 실드분위기에서도 용접부를 실드함으로써 정적 실드분위기와 같이 안정된 용접이 이루어질 수 있었다.
- (3) 가스노즐의 직경과 분사각도, 그리고 유량(유압)의 변화는 용접부 형상과 플라즈마 거동에 큰 차이를 보였으며, 본 실험을 통하여 최적의 조건을 선정할 수 있었다.

참고문헌

1. 하승협, 김종도 외: 본학회의 2000년도 추계 학술대회 개요집, 36(2000), 268~270