

7N01 Al합금의 YAG Laser 용접시에 미치는 용접조건 및 Pulse 형상의 영향

Effect of Welding condition and Pulse shape on YAG Laser Weldability of 7N01 Al alloy

부산대학교 금속공학과 김장랏, 하용수, 강정윤
LG전자 생산기술센터 연구원 조창현

I. 서 론

최근 지구환경에 대한 문제점이 심각하게 대두됨에 따라 각종 수송기기의 경량화기술은 이러한 문제점을 해결하는 가장 중요한 과제로 인식되고 있다. 경량화 재료로는 경량화구조의 품질, 신뢰성, 안전성 등을 고려해 볼 때 Al합금이 가장 적당한 것으로 판단되었고, 제조프로세스는 구조물의 정밀화에 따라 용접부에 요구되는 생산성,신뢰성, 품질성 등의 관점에서 레이저 용접이 타당한 것으로 인식되었다.그러나 Al합금의 레이저 용접에서는 Al이 레이저에 대해서 반사율이 높고 열확산율이 크기 때문에 충분한 용입깊이를 얻기가 힘들뿐만 아니라 합금종류에 따라서 포로시티 및 크랙발생이 쉽다는 것으로 보고되고 있다.

본 연구에서는 7N01 Al합금의 레이저용접시 용융특성을 검토하기 위한 일환으로, 스포트 레이저 용접시, 재료의 종류와 빔의 조사조건 (Ar : 20 ~50 l/min, Lamp power : 420 ~ 495V, pulse length : 5~20ms, Fd : +6 ~ -6)에 따른 용입폭, 용입깊이 및 용접부에 발생하는 제결함(포로시티 및 균열현상)을 조사하였다.

II. 실험방법

본 실험에 사용한 경량화재료는 판두께 4mm인 7N01 열처리합금을 사용하였다. 이 재료의 화학조성은 Table 1에 나타낸다. 이 합금을 25×25×4(t)mm로 절단하여, 에머리 페이퍼 400번 까지 연마하고 아세톤 세척을 한 후 Ar분위기에서 여러 가지 조사조건으로 단파형 펄스 Nd :YAG레이저를 발진하였다. 이때 사용한 YAG레이저 장치는 MIYACHI TECHNOS (Model MHL250A) 파형제어형 펄스 레이저로서 최대출력 5kW, 최대램프전압 495V, 파장 1.06 μ m, 펄스시간은 1~20ms까지 설정할 수있다.

조사조건변화(램프전압, 펄스시간, 가스유량, 초점위치, 펄스파형)에 따른 용접부의 형상은 실체현미경으로 촬영하고, 용입깊이 및 용접부 미세조직은 micro-polishing한 후 Keller's etchant (distilled water 50ml + HF 5ml + HNO₃ 25ml + HCL 15ml)를 사용하여 부식시켜 광학현미경, SEM, EDX등으로 관찰하였다.

Table 1 Chemical composition of 7N01 Al alloy

Materials	Chemical Composition(wt%)									Treatment Condition
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al	
7N01	0.09	0.18	0.10	0.41	1.23	0.19	4.52	0.02	bal	T5*

※ * aging(120℃ ×25hrs)

III. 결과 및 고찰

7N01합금의 펄스레이저 용접시 초점위치와 실드가스유량을 변화시켜 초기용접조건을 설정한 다음 용입깊이에 영향을 미치는 인자중에서 가장 영향이 큰 것은 입열량과 관계되는 피크전압, 펄스시간이라 생각되어 피크전압을 420~495V범위에서, 펄스시간을 5~20ms로 변화시켜 용접한 후, 비드형상 및 용입깊이의 상관관계를 검토하여 보았다.

그림 1은 펄스시간을 20ms로 고정하고 피크전압을 변화시켜 용접한 경우, 용접부의 비드형상을 나타낸 것이고, 그림 2는 피크전압을 495V로 고정하고 펄스시간을 변화시킨 경우의 용접 비드형상을 나타낸 것이다. 피크전압이 높을수록, 펄스시간이 길수록 용입깊이가 깊어짐을 알 수 있다. 전압이 증가할수록 용접부의 비드형상은 열전도형(conduction type)에서 와인컵 형태의 열천공형(key hole type)으로 변화하는데 이는 전압이 높아짐에 따라 입열량이 증가하기 때문에 고밀도 에너지빔에서 나타나는 key hole 현상으로 용접되기 때문이라고 생각된다.

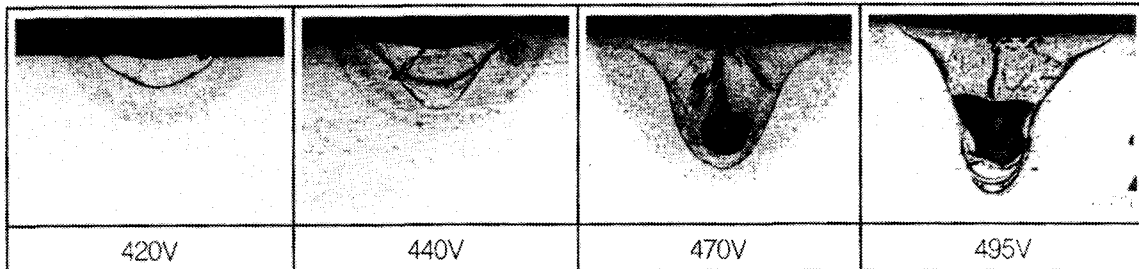


Fig. 1 Bead shapes of laser spot weldig in 7N01 Al alloy with various lamp power.

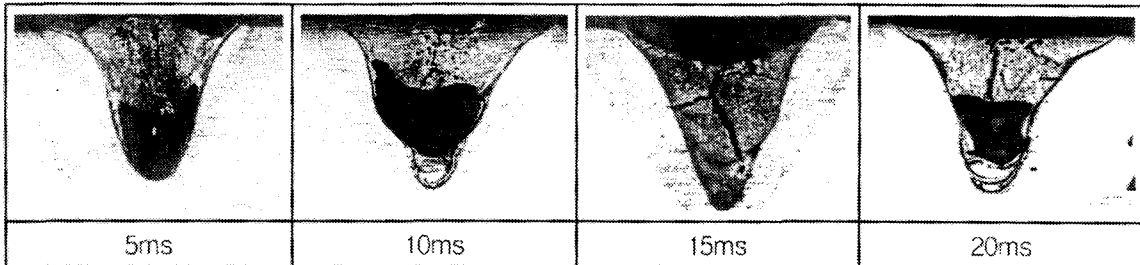


Fig. 2 Bead shapes of laser spot weldig in 7N01 Al alloys with various pulse time.

그림 1 및 그림 2에서 보는 바와 같이 용접결함으로는 기공과 균열이 존재하고, 용접조건에 따라 발생위치와 형태가 각각 상이함을 알 수 있다. 기공은 용접부 하단에 생긴 큰 기공과 상부에 존재하는 구형의 작은 기공으로 분류할 수 있다. 피크전압 470V이상인 시편에서 큰 기공이 발생하며, 펄스시간이 짧을수록 기공이 발생하기 쉬운 경향이 있다. 이러한 기공의 발생원인으로는 수소에 의한 것이라는 설과 증기압이 높은 Mg, Zn의 증발에 의한 설이 있으나, 어느 설이 정확한 것인가는 분명하지 않다. 따라서 7N01합금을 피크전압495V, 펄스시간20ms로 용접한 시편을 액체질소에 담근 후, 강제적으로 파단하여 파단면을 관찰하고, EDX로 분석한 결과를 그림 3에 나타내었다. 그림 3의 (a)는 용접비드 단면조직이며 (b)는 기공의 SEM조직을, (c)는 기공 근방의 파면이고, (d)는 기공내부의 파면을 나타낸 것이다. 여기서 기공 내부에 거칠거칠한 미세한 보이드가 관찰되는데 이는 Mg, Zn등과 같은 증기압이 큰 원소들이 증발되어 형성된 것으로 사료된다. 또한, EDX결과 기공부위의 Mg, Zn농도가 모재보다 낮은 것으로 보아 기공의 발생원인 중에 하나는 Mg, Zn의 증발에 의한 것으로 생각된다.

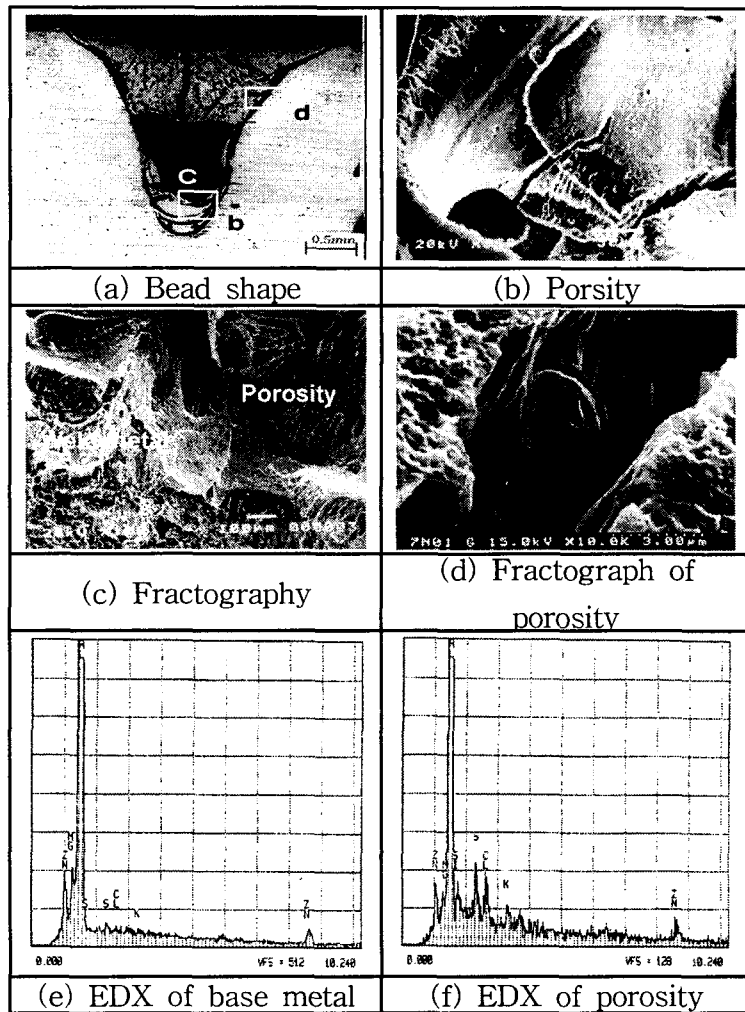


Fig. 3 Fractographs & EDX of welding fusion zone in 7N01 Al alloy

용접결함 중에 균열은 대부분 용착금속 내부에 존재하고 간혹 용접금속에서 HAZ까지 발생한 것도 존재한다. 발생위치는 용착금속의 중심부와 본드부 근방에서 발생하고 있다. 중심부에서 발생한 균열은 주로 수직균열이다. 본드부에서 발생하는 균열은 수직상정의 성장방향에 따라 발생하는 균열과 본드라인 경계에 따라 발생하는 균열 2가지로 분류된다. 또한 용착금속 하부에 전자빔용접에서 자주 나타나는 cold shut 균열과 비슷한 균열이 존재한다. 그림 4는 7N01합금을 495V, 20ms로 용접한 경우, 본드부에서 발생한 균열과 기공 밀부분의 cold shut 균열의 SEM조직을 나타낸 것이다. (a)에서 화살표 1로 표시된 균열은 cold shut 균열이며, (b)에서 화살표 2로 표시된 균열은 수직상조직의 성장방향으로 발생한 균열이고, 화살표 3으로 표시된 균열은 본드 라인에 따라 발생한 균열로서 폭이 아주 좁고 얇은 것이 특징이다. 또한, 그림 3의 (d)에서와 같이 기공 내부에도 미소균열이 존재하는 것을 알 수 있다.

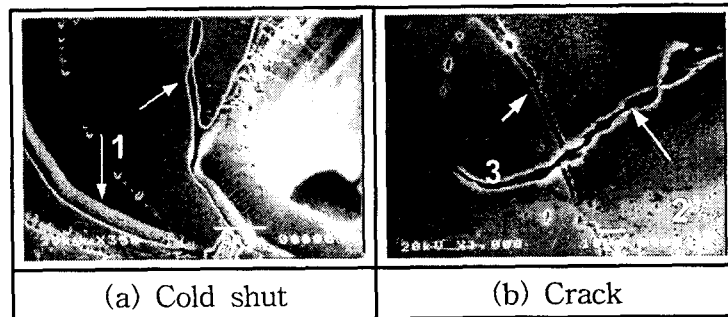


Fig. 4 Fractographs of welding fusion zone in 7N01 Al alloy

이상의 결과로부터 균열은 거의 모든 용접조건에서 발생하고 균열의 정도는 피크전압이 높을수록, 펄스시간이 길수록 증가한다.

IV. 결 론

경량화 구조용 재료로 주로 사용되는 7N01 Al합금을 펄스 YAG 레이저빔으로 용접한 경우, 용입깊이 및 용접균열, 기공등과 같은 용융특성에 미치는 합금의 종류와 출력, 펄스형상, 가스의 유량 등과 같은 용접조건의 영향을 대해서 검토함과 아울러, 용접부의 미세조직 및 경도, 결함 발생 기구에 대해서 검토하여 얻어진 결과는 다음과 같다.

(1) 초점거리는 0mm, 유량은 30l/min가 적당한 것으로 생각되었다.

(2) 피크전압이 높을수록, 펄스시간이 길수록 용입깊이가 깊어졌다. 비드형상은 전압이 증가할수록 열전도형에서 와인컵 형태의 키홀형으로 변화한다.

(3) 기공은 루트부 근방에 생긴 아주 큰 기공과 용접부의 상부에 존재하는 구형의 작은 기공의 2 종류로 분류되었다. 7N01합금은 470V이상에서 큰 기공이 발생하고, 전압이 높을수록 펄스시간이 짧을수록 기공의 크기가 증가하였다. 기공의 발생을 억제하기 위해서는 피크전압을 저하시키고, 펄스시간을 길게 하여 주는 것이 좋다.

(4) 기공부위에서 Zn의 농도가 모재보다 낮은 것으로부터, 기공의 발생 원인 중에 하나는 Mg, Zn의 증발에 의한 것으로 생각되었다.

(5) 균열은 용착금속의 중심부와 루트부에 존재하는 응고 균열과 본드 라인 혹은 용착금속

하부에 존재하는 cold shut 균열과 비슷한 균열로 크게 두 가지가 발생하였다. 모든 합금에서 거의 모든 용접조건에서 균열이 발생하였고, 균열의 발생정도는 피크전압이 높을수록, 펄스시간이 길수록 증가하였다.

(6) 펄스 형상을 변화시키면 기공 및 균열의 발생을 억제하는 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 특히 단계별로 ΔV 를 작게 하는 파형이 가장 효과가 큰 것을 알았다.

V. 참고문헌

- 1) 片山 : レーザ熱加工研究會論文集, (1991), 74-82
- 2) T.M.W Weedon : Proc.LAMP'87, (1987), 75-80
- 3) 松田ら : 溶接學會論文集, Vol.9, (1991), .85
- 4) 清水 : 제14회高에너지-빔加工研究案員會, 42-3, 119-124
- 5) H.Simidzu : LAMP 92, Vol.1, 511.
- 6) Masumoto, M. Kutsuna et al; Proc. of 5th Int. Symp. of JWS, (1990), Makuhara, 23-28
- 7) J,F,Lancaster : Metallurgy of welding, ALLEN & UNWIN, (1986), 77-78
- 8) 井土, 松本 : 輕金屬溶接構造協會 レーザ溶接案員會小案員會, 輕金屬溶接, vol.30, ('92), 12-25