레이저 용접시 키홀 거동에 미치는 펄스파형의 영향

Effects of Pulse Shapes on Keyhole Behaviors
in Pulsed Laser Welding

김 종도*, 강 정윤**, 김 영식*
* 한국해양대학교, ** 부산대학교

1. 서 언 저자들은, 고품질·고정도의 레이저 용접부를 얻기 위해, 레이저 용접현상에 대한 분광학적 해석과 직접적인 관찰에 의해 용접결함의 형성 메카니즘를 규명하고, 방지책을 확립하는 것을 목적으로 하여 일련의 연구를 행하고 있다.

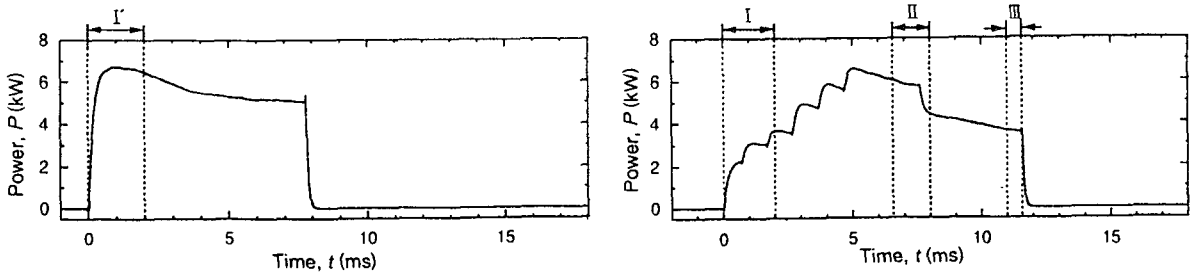
앞의 보고[1]에서는, 펄스 YGA레이저 용접시에 유기하는 플라즈마와 용융 풀(molten pool) 및 키홀의 거동을 초고속 계측 시스템을 이용하여 관찰하고, 유기 플라즈마와 키홀 거동과의 관련성을 명확히 규명하였다. 본 보고에서는, 용접부의 깊은 용입특성과 기공(porosity) 등 용접결함의 생성과 방지에 미치는 레이저 펄스 파형의 영향에 관하여 조사하고, 그때 유기되는 플라즈마 및 키홀 거동을 고시간 분해능으로 리얼타임으로 동시계측하여 가시화를 꾀하고, 기공의 생성·방지 메카니즘에 관한 지견을 얻었다.

2. 사용재료 및 실험방법 사용재료는, 알루미늄 합금A5083과 스텐레스강 SUS316이다. 각 재료의 표면은 레이저 조사직전에 에머리지 No.400으로 연마하고 아세톤으로 탈지하였다. 레이저 가공장치는 21ms의 펄스파형 제어형 Nd:YAG 레이저 장치이다. 레이저 용접현상의 초고속 계측시스템의 구성 및 광학계는 앞의 보고[1]와 동일하다. 제각기 다른 펄스파형의 레이저 빔을 GI 화이버에 의해 전송하여, Ar가스 분위기중에서 스폿 용접을 행하고, 플라즈마와 용융 풀 및 키홀의 거동을 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰 레이저 조사시의 파워레벨과 그 저하의 정도를 변화시켜, 유기되는 플라즈마 및 키홀 거동을 관찰하고, 기공 등 용접결함의 생성 메카니즘과의 관련성에 대하여 조사하였다. 본 실험에 이용한 레이저 펄스 파형의 대표적인 예를 Fig. 1에 나타낸다. 또한, Fig. 2 및 Fig. 3에는, Fig. 1의 펄스파형을 재료에 조사시, 특정시간 영역에서의 플라즈마 및 키홀거동을 각각 비교·검토한 결과를 나타낸다. Fig. 2로부터, 사용된 펄스파형에 따라서 레이저 조사 직후의 유기 플라즈마의 스트리크상(Streak image)과 키홀 거동에는 현저한 차가 있음을 알 수 있다. 구형파에서는, 레이저 파워의 급속한 증가에 따라 스패터 현상을 수반하는 급격한 플라즈마의 성장과 키홀의 팽창거동 등이 보여진다. 한편, 제어형 펄스 파형의 경우에는 매우 안정한 거동을 보이고 있다. 즉, 펄스파형의 제어에 의해 키홀거동의 안정화와 스패터 현상은 제어될 수 있음을 알 수 있다.

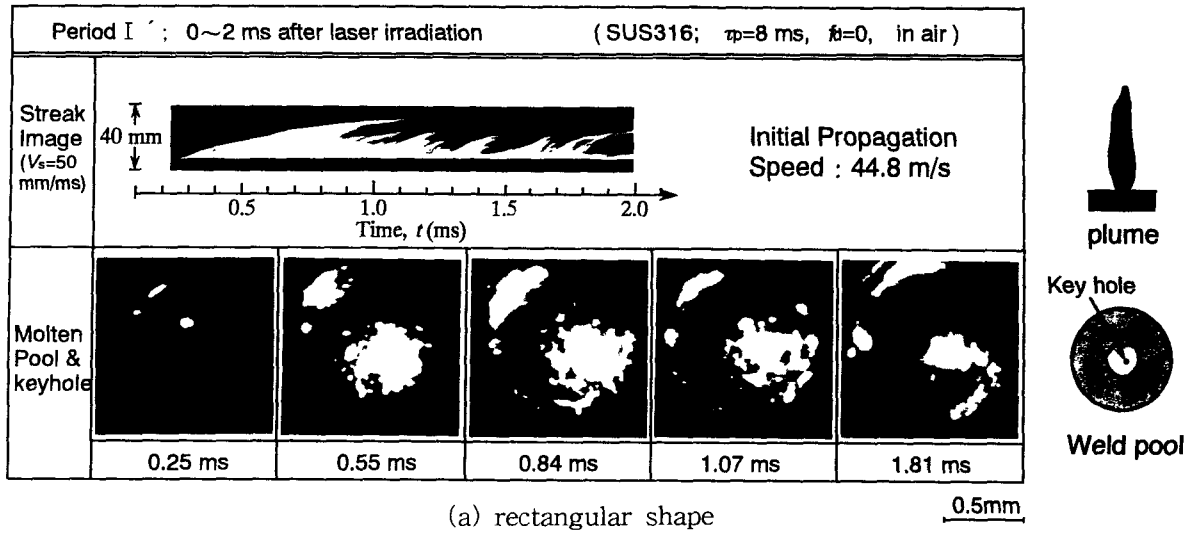
Fig. 3에서는, 레이저 조사중 높은 첨두출력의 영역(PeriodⅡ)과 테일링 파형을 적용했을 때의 상대적으로 낮은 첨두출력의 영역(PeriodⅢ)에서의 키홀거동을 나타내는데, 키홀직경의 큰 변화가 발생하고 있음을 알 수 있다. 첨두출력의 저하에 따라서 키홀의 직경은, 재료에 조사되는 빔의 직경에 상당하는 약 800㎛로 부터 500㎛로 작아지고 있다. 따라서 레이저 빔 첨두 출력의 저하에 따라서 용융 풀 내부에 형성되는 키홀의 직경은 작게 되고, 그 깊이도 얕게 됨을 예측할 수 있다. 이와 같은 펄스파형을 적용시킬 경우, 용융 풀 내부의 기공형성위치가 상방향으로 이동하고, 결과적으로 건전한 용접결과가 얻어지고 있음을 용접재료 단면의 관찰로부터 확인하였다. 이것은 특정 구형파에 테일링 파형을 적절히 적용시킴으로서 용융부에 생성되는 키홀의 깊이는 점차로 얕게 되고, 얕게 형성된 키홀에서는 기공이 방지 될 수 있음을 보여주고 있다.

참고문헌 1) 김종도외 3인 : 본 학회 1999년도 추계학술발표대회 개요집.

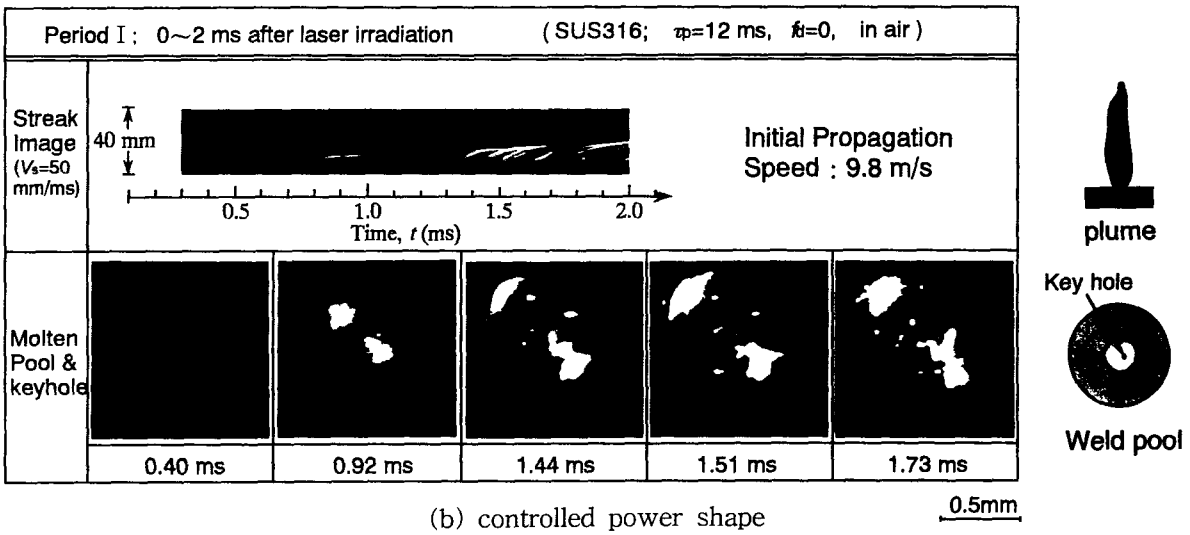


(a) rectangular shape (b) controlled power shape

Fig. 1 Output power shapes of pulsed Nd:YAG laser.



(a) rectangular shape



(b) controlled power shape

Fig. 2 Laser-Induced plasma and keyhole images at initial period of pulsed laser irradiation (in Fig.1).

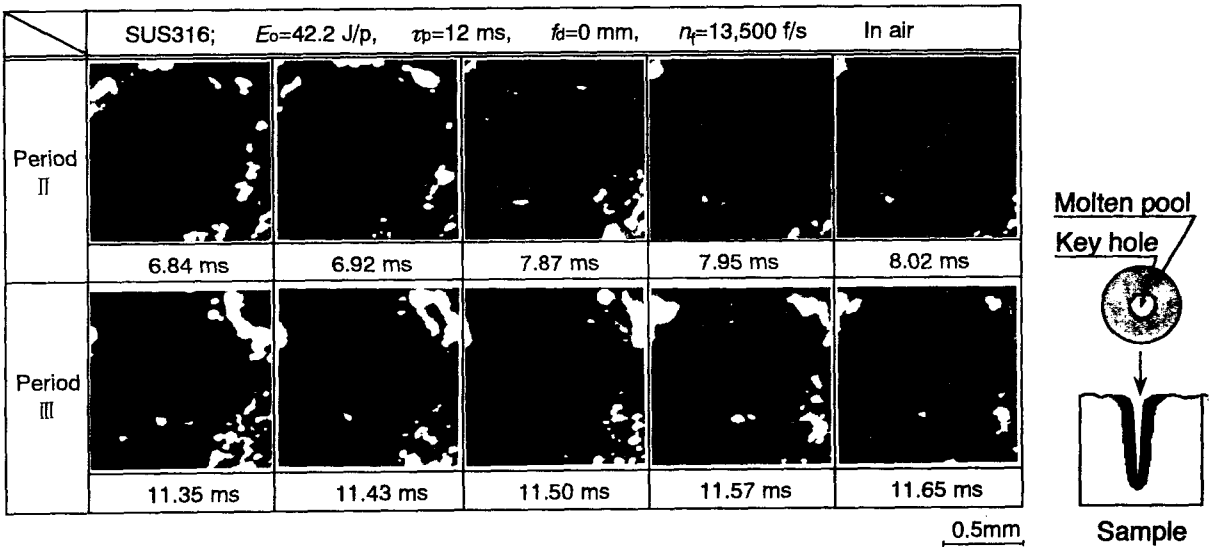


Fig. 3 Transition of keyhole behavior obtained by controlling power shape in pulsed laser welding, making a comparison between two period in Fig.1.