

## CO<sub>2</sub> 레이저 철판 용접시 발생하는 플라즈마 특성에 관한 연구

### Study on The Characteristics of Steel Surface Plasma Induced by CO<sub>2</sub> Laser

남기중, 우미혜, 김주관, 박기영, 이성풍, 이경돈  
고등기술연구원  
ginam@iae.re.kr

스틸 판재 4KW CO<sub>2</sub> 레이저 용접시 발생하는 플라즈마 특성 연구를 위하여 용접 품질에 중요한 요인이 되는 용접속도, 주입가스 양, 판재사이의 갭을 변화시키면서 실험을 하였다. 발생된 분광학적 스펙트럼을 측정하였고 플라즈마광의 세기를 광파이버를 이용하여 측정하였다. 플라즈마 패턴 특성을 알기 위하여 1000 frame/sec의 고속 디지털 카메라를 이용하여 플라즈마 영상을 측정하였다. 그 결과, 용접속도가 빠를수록 상단에서 발생하는 플라즈마 광의 세기는 커졌으며, 주입가스의 양이 적을수록 플라즈마 광의 세기가 강하게 측정되었다. 또한 판재 사이가 넓을수록 발생된 플라즈마가 판재 사이로 분출이 되면서 그 세기가 감소되는 현상을 보여주었다. 이러한 결과는 2차원 플라즈마 영상실험의 결과와 일치함을 보여주었다. 따라서 표면에서 발생하는 플라즈마 광의 세기는 레이저 용접시 중요한 요인이 되는 침투깊이를 추정하는데 중요한 정보가 되며 레이저 용접 품질에 대한 실시간 모니터링이 가능함을 확인하였다.

#### I. 서론

CO<sub>2</sub> 레이저는 높은 에너지 밀도를 제공하고 뛰어난 용접 품질 때문에 자동차 판재등의 레이저 용접 광원으로 널리 사용되고 있다. 레이저는 뛰어난 간섭성(coherence)의 빛이라 렌즈를 이용하여 집속하면 10<sup>6</sup> W/cm<sup>2</sup> 이상의 에너지 밀도를 제공하고 이러한 에너지가 판재에 조사되면 표면에서 매우 빠르게 금속 증류가 발생하며 이것은 플라즈마 상태까지 도달하게 된다. 이와 같은 과정은 계속해서 판재 하부로 진행이 되어 결국 판재에 키홀(keyhole)이 만들어지며 키홀 주변은 플라즈마의 높은 온도 때문에 금속 용융이 만들어진다. 이와같은 키홀의 형성은 기존의 아크용접과는 달리 레이저 용접에서는 용접품질과의 밀접한 관계 때문에 이에 대한 생성 메커니즘에 많은 관심이 집중되고 있다. 또한 생성된 플라즈마 가스는 입사되는 레이저 빔을 재 흡수하기 때문에 키홀에서 발생하는 플라즈마의 거동은 매우 중요한 요소이다. 따라서 본 실험은 이와 같은 키홀에서 발생하는 플라즈마의 특성을 확인하기 위하여 용접시 품질에 영향을 주는 주요 변수와 플라즈마광의 세기 및 2차원적인 플라즈마 패턴과의 상관성을 연구하였다.

#### II. 실험 및 결과 분석

본 실험에 사용한 레이저는 4KW CO<sub>2</sub> 레이저(RofinSnar co. model RS 840HF)이며 용접에 사용된 판재는 마일드 스틸(SPCEN)이다. 전체 실험 장치의 개략도는 그림1과 같다. 레이저광이 렌즈에 집속된 후 판재의 표면에서 발생하는 플라즈마 광을 측정하기 위해서 파이버를 주입가스 노즐 상단에 부착하여 측정하였다. 파이버에서 나온 광은 포토다이오드에 집속되었다. 측정된 아날로그 신호는 A/D 변환기를 통하여 분석되었다. 레이저는 일정한 속도를 갖고 판재에 조사되었고, 주입가스는 Ar 가스를 이용하였

다. 플라즈마 화염 패턴 측정은 고속디지털 카메라(KODAK EktaPro HG Imager Model 2000)를 이용하여 초당 1000 frame 속도로 측정하였다. 용접 품질에 중요한 요인이 되는 용접속도, 주입가스 양을 최적 용접 조건 전후로 측정하였다. 겹침(Lab Joint) 용접시에는 판재사이의 갭을 변화 시키면서 측정하였다.

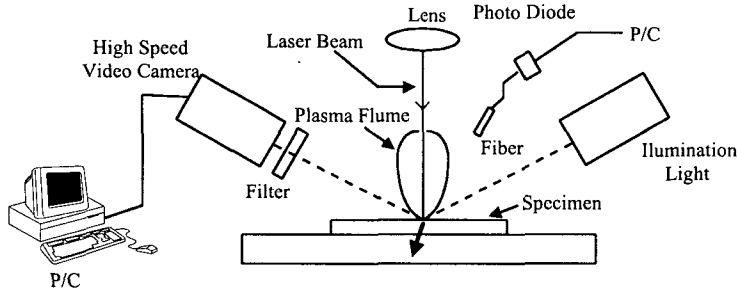


그림1. CO<sub>2</sub> 레이저 용접 실험 개략도

그림2는 판재의 겹침 용접에서 용접속도를 증가할 때 판재 상단에서 발생하는 플라즈마광의 세기 변화를 나타내고 있다. 용접속도가 클수록 판재 내부에 생긴 기홀에 의한 침투깊이가 낮아 발생된 플라즈마 가스는 위쪽으로 분출되어 광의 세기가 강하게 측정되었으며 이러한 현상은 고속카메라의 영상에서도 확인 할 수 있었다. 그림3은 판재 겹침 사이의 갭이 클수록 발생된 플라즈마 가스는 갭 사이로 빠져나가 상단으로 분출되는 가스가 적어 광의 세기도 감소함을 볼 수 있었다.

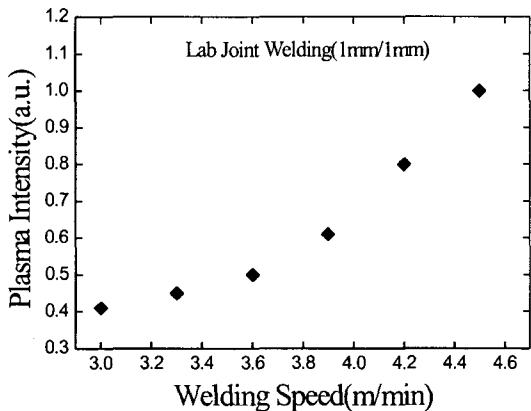


그림2. 용접속도에 따른 플라즈마광의 세기

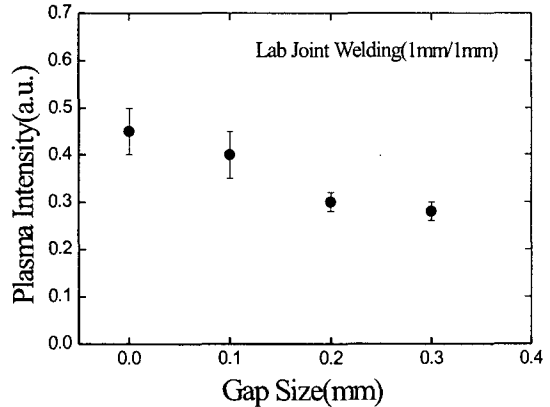


그림3. 판재사이의 갭에 따른 플라즈마광의 세기

### III. 결론

CO<sub>2</sub> 레이저 용접시 용접속도가 빠를수록 상단에서 발생하는 플라즈마 광의 세기는 커졌으며, 주입가스의 양이 적을수록 플라즈마 광의 세기가 강하게 측정되었다. 또한 판재 사이가 넓을수록 발생된 플라즈마가 판재 사이로 분출이 되면서 그 세기가 감소되는 현상을 보여주었다. 이러한 결과는 2차원 플라즈마 영상실험의 결과와 일치함을 보여주었다. 따라서 표면에서 발생하는 플라즈마 광의 세기는 레이저 용접시 중요한 요인이 되는 침투깊이를 추정하는데 중요한 정보가 되며 레이저 용접 품질에 대한 실시간 모니터링이 가능함을 확인하였다.

### 참고문헌

1. Isamu Miyamoto, Kenji Kamimuki, Hiroshi Maruo, Kiyokazu Mori and Masanori Sakamoto, "In-Process Monitoring in Laser Welding of Automotie Parts", ICALEO '93, (1993).