

# 알루미늄 6K31의 레이저 용접에서

## Light Emission을 이용한 용접부 모니터링에 관한 연구

### A study of weld monitoring using light emission in Aluminum 6K31 laser welding

박 영 환\*, 이 세 현\*\*, 박 현 성\*\*\*, 신 현 일\*\*\*

\* 한양대학교 정밀기계공학과

\*\* 한양대학교 기계공학부

\*\*\* 기아자동차

#### ABSTRACT

In automotive industry, light weight vehicle is one of issues because of air pollution. Therefore, automotive manufacturers have tried to apply light materials such as aluminum to car body. Welding aluminum using laser has some advantages good weld quality and high productivity. In this study, light emission which is generated in aluminum 6K21 welding with laser is measured using photodiodes. Analysis of relationship between sensor signals of welding variables and formation of keyhole and plasma is performed.

#### 1. 서 론

전 세계적으로 환경 보호에 대한 관심이 높아지고 있으며 그로 인해 환경기구와 같은 단체에서는 배기가스의 규제가 심해지고 있다. 전 세계의 자동차 업체는 자동차의 연비 향상을 위한 차체의 경량화가 큰 이슈로 대두되고 있다. 차량 경량화의 일환으로 알루미늄과 같은 경량화 소재를 이용하여 차체 조립에 투입하고자 자동차 업체들은 기술개발에 많은 투자를 하고 있다.

레이저 용접은 생산성 향상은 물론 고정밀, 고품질의 용접, 그리고 깊은 용입깊이라는 장점 때문에 산업체에서의 적용이 점점 확대되고 있다. 또한 경량화 소재인 알루미늄은 용접시 입열의 밀도가 커야 하므로 레이저 용접이 많이 이용될 것으로 예상되고 있다.

레이저 용접부 모니터링은 용접부 품질을 판단할 수 있는 인자로 많은 연구자들이 레이저 용접의 용접 모니터링의 기법을 제시하였다. 일반적인 모니터링 방법으로는 레이저 용접시 발생하는 음향방출, 소리, 광신호<sup>1,2,3)</sup>와 같은 신호를 계측하여 다양한 알고리즘<sup>4)</sup>을 이용하여 용접부 품질을 판단하는 기술이 개발되었다.

본 연구에서는 알루미늄 6K31의 레이저 용

접시 발생하는 광신호를 계측할 수 있는 시스템을 구축하였고, 이를 통해 용접변수와 계측 신호의 상관관계를 분석하고 분산분석을 통해 통계적으로 유의성을 판단하였다.

#### 2. 실험 방법

알루미늄 레이저 용접을 수행하기 위한 시스템과 모니터링 시스템의 개략도는 Fig. 1과 같다. 레이저는 직각으로부터 18°를 기울였다. 그 이유는 레이저가 알루미늄에 조사시 알루미늄에서 반사된 back reflection에 의해 레이저 시스템이 멈추는 경우가 발생하였으므로 각도를 주어 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 레이저는 4kW급 Nd:YAG 레이저로 TEM<sub>00</sub> 모드를 사용하였다. 발진기의 출력 방법은 CW 모드이고 보호가스는 아르곤(Ar) 가스를 사용하였다. 실험에 사용된 판재는 6K31 1.2t로 그 화학적 구성은 Table 1과 같다

용접부 모니터링을 위한 센서는 2개가 사용되었는데 각도가 높은 센서와 각도가 낮은 센서가 사용되었고 이 센서의 반응 범위는 190 nm ~ 680 nm이고 최대 반응 파장은 610 nm 이다.

실험은 2가지 종류로 수행되었다. 보호가스가

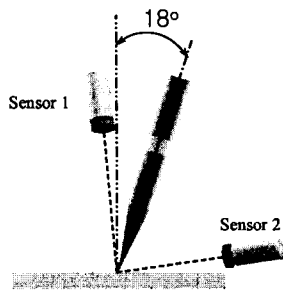


Fig. 1 System Setup

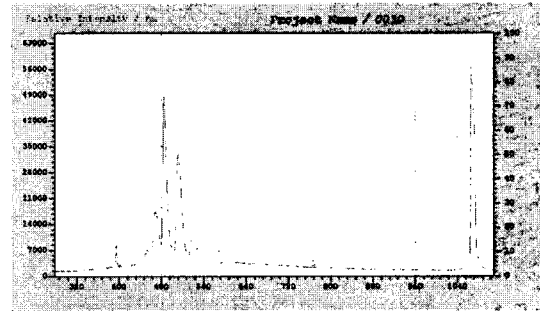


Fig 2. Spectral analysis of light emission

Table 1. Chemical Composition (%)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg
0.98	0.17	0.84	0.07	0.33
Cr	Zn	Ti	other	Al
0.02	0.02	0.01	0.01	RE

용접부에 미치는 영향과 이에 따른 신호변화를 관찰하였다. Non-Shielding 조건에서 완전 용접이 되는 9 m/mim의 용접속도에서 아르곤 가스의 유량을 0 l/min, 10 l/min, 15 l/min, 20 l/min으로 하고 하부의 보호가스는 10 l/min으로 하여 수행하였다,

또 다른 실험은 입열에 따른 신호 변화를 알아 보도록 하였다. 입열을 조정하는 방법으로는 레이저의 출력을 일정하게 하고 속도를 조정하는 방법을 이용하였다. 속도를 9 m/mim에서 13 m/min 까지 5단계로 나누어 실험을 수행하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3. 1 분광분석

6K31의 레이저 용접시 발생하는 Light Emission에 대한 빛의 분석을 위해서 분광 분석을 수행하였다. 분광분석에 대한 결과는 Fig. 2와 같다. 레이저 용접시 발생하는 플라즈마의 파장대를 380nm에서 640nm 정도임을 알 수 있다. 실제 레이저 모니터링에 사용된 센서가 유효함을 알 수 있다.

#### 3. 2 유량에 따른 신호 변화

Fig. 3은 6K31의 레이저 용접시 발생하는 신호와 그에 따른 비드의 예이다. 상단의 그래

프는 계측된 센서 신호이고 밑의 그림중 위의 그림은 표면 비드의 모습, 아래의 그림은 이면 비드의 모습이다.

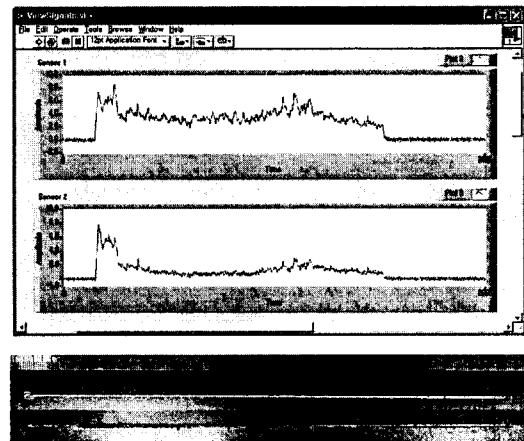


Fig. 3 Sensor signal and bead shape

Fig. 4는 상판 유량에 따른 계측된 센서의 평균이다. 그림에서 보는 바와 같이 센서에서 계측된 신호는 보호가스의 유량이 커질 수록 그 값이 감소되고 있다. 이는 레이저가 모재에 조사되며 발생하는 유기 플라즈마가 보호가스에 의해 잘 제거되고 있음을 알 수 있다. 실제 신호의 표준 편차를 살펴보면 급격히 값이 줄어드는 것을 볼 수 있는데 이것을 보호가스가 공급됨으로서 발생하는 키폭의 발생이 안정적이고 유기 플라즈마가 안정적으로 제거됨을 알 수 있다.

#### 3. 3 용접 속도에 따른 신호 변화

Fig. 5는 용접 속도에 따른 신호의 평균값을 나타낸 것이다. 레이저 용접의 속도가 증가함에 따라 신호가 커졌다 떨어지고 있음을 알 수 있다. 이것은 저속의 경우 용접부에 입열이 충분하

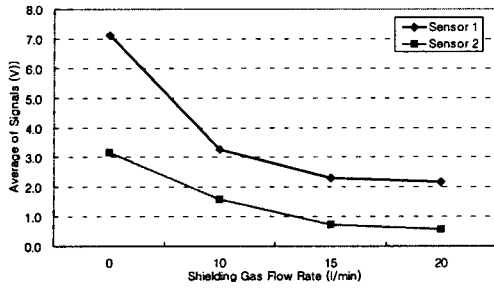


Fig. 4 Average of signals according to shielding gas flow rate

여 완전용입이 발생하고 이로 인해 플라즈마가 키흔의 하부를 통해 밖으로 빠져 나갔음을 알 수 있다. 그러나 중간 부분에서 큰 신호가 나오는 것은 부분 용입과 완전 용입의 중간 부분으로 하부로 빠져 나가는 플라즈마가 작고, 이로 인해 상판 위로 분출되는 플라즈마의 광량이 많아졌음을 의미한다. 또한 속도가 너무 커지면 완전한 키흔이나 플라즈마의 생성이 어렵게 되어 불안정 신호가 낮아짐을 알 수 있다.

속도에 따른 표준 편차를 살펴보면 속도가 커짐에 따라 표준 편차가 커지는데 이것은 속도가 커짐에 따라 모재에 닿는 입열이 줄어들고 이로 인해 발생하는 키흔이 불안정하게 발생하고 있음을 알 수 있다.

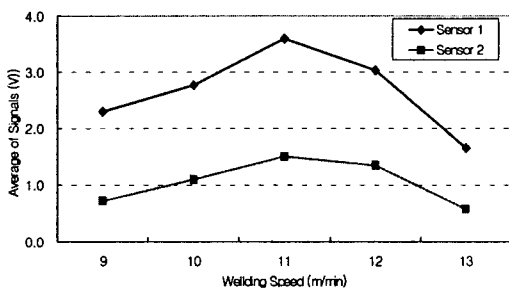


Fig. 5 Average of signals according to welding speed

### 3. 4 분산분석

분산분석을 통해 계측된 신호와 용접 공정변수 간의 상관성을 살펴 보았다. Table 2는 센서 1번의 평균값과 유량 변화에 따른 분산분석의 값이다. F값이 유의 수준 0.05에 대한 F 기각

치 3.2 보다 큰 값을 가지고 있으므로 센서 신호는 유량변화에 따라 변화가 있는 것을 알 수 있다. 센서 2의 평균값에 대한 분산분석의 F 값은 29.5, 속도에 대한 센서 1과 센서 2의 평균값의 F 값은 각각 4.23과 4.67로 F 기각치 3.2 보다 높으므로 센서 신호가 유의함을 알 수 있었다.

Table 2. ANOVA of sensor 1

변동의 요인	제곱합	자유도	제곱평균	F값	F기각치
처리	109.2	3	36.4	54.1	3.2
잔차	11.4	17	0.67		
계	120.6	20			

## 4. 결 론

알루미늄 6K31의 레이저 용접시 발생하는 플라즈마의 분광분석을 통하여 light emission의 파장을 분석하였고 이를 이용하여 용접부 모니터링 시스템을 구성하였다. 실험을 통해 용접 변수에 따라 각 센서에서 얻어지는 신호의 변화를 고찰하였고 분산분석을 통해 계측된 신호의 유의성을 통계적으로 분석하였다.

## 참고문헌

1. M. C. Jon : Noncontact Acoustic Emission Monitoring of Laser Beam Welding, Welding Journal, 63-9 (1985), 43s-48s.
2. W. Gatzweiler, D. Maischner, and E. Beyer : On-line Diagnostics for Process-control in Welding with CO2 Lasers, High Power CO2 Laser System & Applications, SPIE 1020, (1988), 142-148.
3. D. Farson, A. Ali, Y. Sang : Relationship of Optical and Acoustic Emission to Laser Weld Penetration, Welding Journal, 77-4 (1998), 142s-148s.
4. H. Park, S. Rhee : Development of a weld quality monitoring system in CO2 laser welding by using photodiode, Journal of Laser Applications 13-1 (2001), 12-18.