

## 용접 Fume 형상 측정에 따른 용접 결함에 관한 연구

김재열\*(조선대학교 기전공학과), 최철준, 곽남수(조선대학교 대학원 정밀기계공학과)

### A Study on Welding Union by Welding Fume Shape Measurement

J. Y. Kim\*(Mechatronic Eng., CHOSUN), C. J. Choi, N. S. Kwak(Precision Mech. Eng. Dept., CHOSUN)

#### ABSTRACT

In Nd:YAG laser welding, evaluation methods of welding flaw are various. But, the method due to fume shape is difficult to classification of welding flaw. The Nd:YAG laser process is known to have high speed and deep penetration capability to become one of the most advanced welding technologies. At the present time, some methods are studied for measurement of fume shape by using high-speed camera and photo diode. This paper describes the machining characteristics of SM45C carbon steel welding by use of an Nd:YAG laser. In spite of its good mechanical characteristics, SM45C carbon steel has a high carbon contents and suffers a limitation in the industrial application due to the poor welding properties. In this study, fume shape was measured by infrared thermal camera that is non-contact /non-destructive thermal measurement equipment through change of laser generating power, speed, focus. Weld was performed on bead-on method. Measurement results are compared as two equipments. Here, two results are composed of measurement results of fume quantities due to fume shape by infrared thermal camera and inspection results of weld bead include weld flaws by ultrasonic inspector.

Key Words : Nd:YAG 레이저, 적외선 열화상 카메라, 용접공정 변수, 용접 결함 평가, SM45C, fume, 초음파 탐상, SAT(Scanning Acoustic Tomograph)

#### 1. 서론

고출력 레이저 용접 시 레이저빔은 금속을 기화시키고, 금속증기와 보호가스의 일부를 플라즈마 fume의 형태로 이온화시킨다. 본 연구에서는 레이저 용접시 세 가지 공정변수(레이저빔의 출력, 레이저빔 이송속도, 초점거리)를 변화시켜 그에 따르는 fume의 양을 적외선 열화상 카메라를 이용하여 실시간으로 측정하였다. 또한 용접부 결함 측정은 수침법을 이용한 반도체 초음파 탐상 장치인 SAT(Scanning Acoustic Tomograph)장비를 이용하여 비파괴 검사를 수행하였다.

#### 2. 실험장치 구성

##### 2.1 CW Nd:YAG 레이저와 적외선열화상 카메라

본 연구에 이용한 Nd:YAG레이저 발진기의 파장은 1.06 $\mu$ m이고, 최대출력은 2.8kw이다. 평균출력은 2kw인 연속파이고, 레이저빔은 직경이 600 $\mu$ m인 Step-Index-type 광섬유를 통해서 전달된다. 연구에 이용된 빔 발산각은 25mrad이고, 레이저 광케이블에 연결되어 가공하는 공작대는 LASMA 1054이며, LASMA 1054의 작업대는 지면으로부터의 진동을 방지하기 위해 화강암 정반으로 되어있다. 작업대는 겐이 부착되어 트리 타입으로 회전축이 있는 가공장

치로서 x, y, z 축 이송거리는 1000mm $\times$ 500 mm $\times$ 400mm이다.

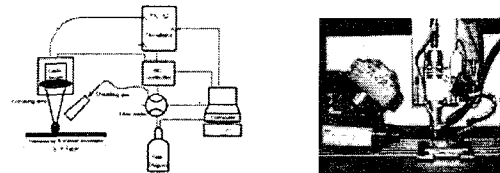


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental system and Experimental setup for investigating vapor fume during laser welding

본 연구에서 사용된 적외선 열화상 카메라 Thermovision 900 system은 AGEMA 적외선 SYSTEM AB에서 생산한 적외선 Scanning system의 6세대이다. Thermovision 900 적외선 카메라는 일정한 분광 범위에서 적외선 복사선을 측정한다.

##### 2.2 초음파 탐상 장치

본 연구에서 사용한 SAT 시스템은 Hitachi사의 장비로서 3축 스캐너를 포함하며, 수침법에 의한 결함 탐상으로 초음파 변환기(Ultrasonic Transducer)의 주파수는 15Mhz를 사용하였다. 초음파의 송·수신 유

닛들로부터 수신된 초음파 신호는 SAT 장비 내에서 자체적으로 화상으로 변환되어 출력된다.

### 3. 실험방법

Table 1 Process parameters for experiment set up.

시편 번호	01	02	03	04	05	06	07
출력 변화	2000w 1m/min z=0	1800w 1m/min z=0	1600w 1m/min z=0	1500w 1m/min z=0	1400w 1m/min z=0	1200w 1m/min z=0	1000w 1m/min z=0
시편 번호	21	22	01	23	24	25	26
속도 변화	2000w 0.6m/min z=0	2000w 0.8m/min z=0	2000w 1m/min z=0	2000w 1.2m/min z=0	2000w 1.4m/min z=0	2000w 1.6m/min z=0	2000w 1.8m/min z=0
시편 번호	31	32	33	01	34	35	36
초점 변화	2000w 1m/min z=-3	2000w 1m/min z=-2	2000w 1m/min z=-1	2000w 1m/min z=0	2000w 1m/min z=+1	2000w 1m/min z=+2	2000w 1m/min z=+3

시편에 대한 CW Nd:YAG 레이저 용접의 용융 특성을 파악하기 위해 주요 공정변수는 Table 1과 같이 변화시켜 실험을 수행하였다. 적외선 열화상 카메라 측정은 측정하고자 하는 fume이 기화된 금속증기, 전자 및 금속이온으로 구성된 고온·고휘도의 플라즈마 상태이며, 동시에 측정된 용접 비드는 고체이다. fume량과 세 가지 레이저 용접 공정변수와 비교하여 그 상관관계를 분석하고 fume량의 변화와 초음파 탐상에 의한 결함의 위치 관계를 규명해 보았다.

### 4. 실험 결과 및 고찰

#### 4.1 출력변화에 의한 fume량 측정

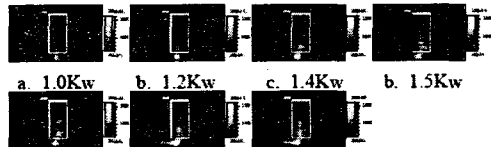


Fig. 2 Infrared Thermal Image of power change.

용접 속도에 의해 각 시편마다 촬영된 영상은 20프레임으로 구성되었으며 각각의 프레임별로 사각 영역에서의 fume량을 %로 나타내었다. 한 시편에 20 프레임의 열 영상에서 임계값 350℃ 이상의 온도 분포를 평균값으로 추출하여 Fig. 2에 나타내었다.

#### 4.2 속도변화에 의한 fume량 측정

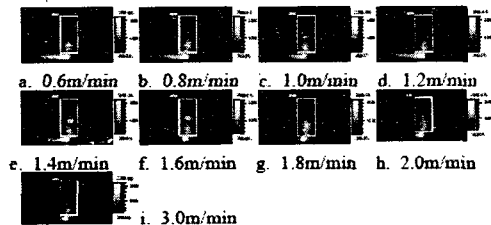


Fig. 3 Infrared Thermal Image of speed change.

출력변화와 같은 방법으로 총 9개의 시편에 대한 실험을 수행하였으며, Fig. 3에 측정 영상을 나타내

었다.

#### 4.3 초점변화에 의한 fume량 측정

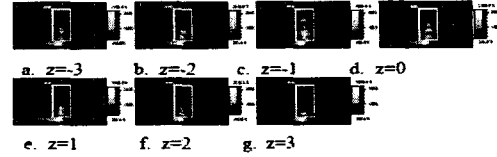


Fig. 4 Infrared Thermal Image of focus change.

위에서와 같은 방법으로 총 7개의 시편에 대한 실험을 수행하였으며, z=-1에서 fume의 양이 가장 높게 나타났다.

#### 4.4 SAT를 이용한 용접 결함 평가

초음파 탐상 영상에서 각각의 시편에 대한 프레임 수로 영상을 나누어 각 프레임에 해당하는 위치에 결함 유무를 판단하였다. 지면의 한계상 대표적인 분석만을 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 6는 시편 한 개에 대한 전체 프레임별 fume량을 나타내었으며 결함의 위치에 따라 fume의 양 또한 일정하게 변함을 알 수 있다.

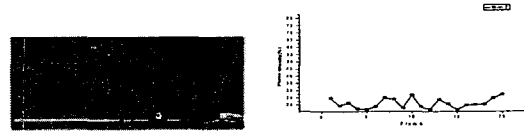


Fig. 5 SAT image. Fig. 6 Fume quantity by frames.

### 5. 결론

적외선 열화상 카메라를 이용하여 CW Nd:YAG 레이저 용접시 발생하는 fume의 양을 측정하고 SAT를 이용하여 용접 결함을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 용접 공정의 변화에 따라 fume의 양 또한 일정한 변화를 나타냈다.
- 출력과 이송속도의 증가에 따라서 fume의 양이 증가하는 것을 알 수 있었다.
- 초점의 변화에서는 z=-1에서 fume의 양이 많음을 알 수 있었다.
- 초음파 탐상 결과 결함으로 판단되는 부분에서의 fume양이 증가하는 것으로 나타났다.

### 참고문헌

1. 박성두, "레이저 가공", pp. 165-172, 대광서림, 1997.
2. Jae-Do Kim, Cheol-Jung Kim, Chin-Man Chung, "Repair welding of etched tubular components of nuclear power plant by Nd:YAG lasers", Journal of Materials Processing Technology 114. pp. 51-56, 2001.