

시각장치를 이용한 용융지의 계측과 제어

박 주용 황 선효

한국기계연구소 대덕선박분소 용접기술실

Measurement and Control of Weld Pool Using Vision System

Ju Yong Park and Sun Hyo Hwang

Welding Department, Ship Research Station in KIMM

ABSTRACT

Measurement and control system of weld pool is comprised of optical devices, image processor, personal computer and welding machine. Combinations of ND and Infrared filters were used to block the intense arc light and to get the clearer image of weld pool. Smoothing operation and conversion to binary data were performed to eliminate the noises and to decrease the processing time. A simple algorithm for feedback control was developed and weld pool size is controlled by welding current which is adjusted automatically with personal computer.

1. 서론

용융지는 용접시 아-크(arc) 열에 의해 용융되는 부분이며 응고후에 용접비드(bead)를 이루게 된다. 용접비드의 폭, 용입깊이, 용착부의 단면적 등 용접부의 특성은 용융지에 의해 결정되므로 용융지의 형상과 크기를 계측하고 제어하는 것은 매우 중요하다. 용융지의 형상과 크기는 용접전류, 용접전압, 용접속도 등에 의해 결정되며 본 연구에서는 그중에서도 가장 중요한 변수인 용접전류를 제어변수로 하여 용융지의 폭을 적절하게 제어하였다.

용융지의 계측을 위해서는 강렬한 아-크 광을 효율적으로 차단하고 용융지의 광을 선택적으로 받아들이기 위한 여러 가지 광학장치가 수반되며 실시간으로 정량적인 계측을 위해서는 화상처리기술이 필요하다. 용융지 폭의 제어는 계측된 결과를 표준치와 비교하여 오차에 상응하는 용접전류를 구하고 퍼스널 컴퓨터에 의해 용접기의 출력전류를 조정함으로써 수행된다.

2. 용융지의 계측

용융지의 계측에는 주로 광학적인 방법이 적용되며 용융지의 명료한 영상을 얻는 것이 정밀한 계측을 위한 첫 번째 요건이다. 명료한 영상을 얻기 위해서는 각종 필터와 같은 광학적 장치에 의한 방법뿐만 아니라 평활화 처리, 2차화 처리 등의 화상처리 기법이 동시에 적용되어야 한다.

아-크는 매우 강렬한 빛을 동반하여 용융지의 관측을 어렵게 하므로 아-크와 용융지의 광특성을 조사하여 아-크 광을 효율적으로 차단하고 용융지의 광을 선택적으로 받아들이는 방안이 필요하다. Fig.1은 아-크와 용융지의 광특성(1)을 보여주고 있으며 Fig.1에서부터 적외 필터의 사용이 바람직함을 알 수 있다.

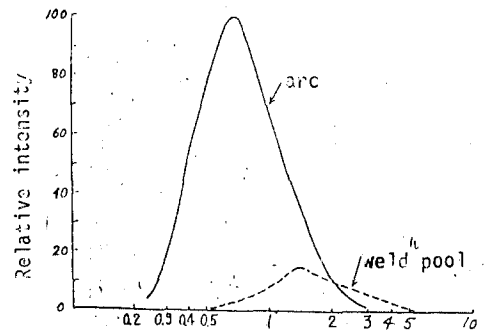


Fig. 1 Spectrum of arc and weld pool

본 연구에서는 ND 필터와 적외필터를 조합하여 사용함으로써 명료한 상을 얻도록 하였다. 수광기로는 비디콘 카메라와 CCD 카메라가 있으나 본 연구에서는 값이 저렴한 비디콘 카메라를 사용하였다. Fig.2는 필터와 카메라를 사용하여 얻은 영상이며 비교적 명료한 상을 얻었다.



(a) fillet welding (b) butt welding

Fig.2 Images with ND and IR filters attaching to vidicon

광학 필터를 거친 영상에 있어서도 근적외선역의 용융지의 빛의 밝기는 아-크 빛의 밝기보다 약하므로 정확한 용융지의 윤곽을 검출하기는 어렵다. 따라서 용융지의 형상을 정확히 인식하기 위해서는 적절한 화상처리를 거쳐야 한다. 용융지 인식을 위한 화상처리는 2치화 처리와 평활화처리 (smoothing operation) 등을 들 수 있다. 2치화 처리는 알고리즘이 간단하고 계산량이 적어 용융지의 실시간 관측 및 제어를 위해서 사용되어야 할 중요한 처리이다. 2치화 처리에서는 슬레시홀드의 값을 결정하는 것이 가장 중요하며 Fig.3 의 (b) 와 같이 슬레시홀드의 값에 대한 데이터 수의 그래프에서부터 슬레시홀드 값을 결정할 수 있다.

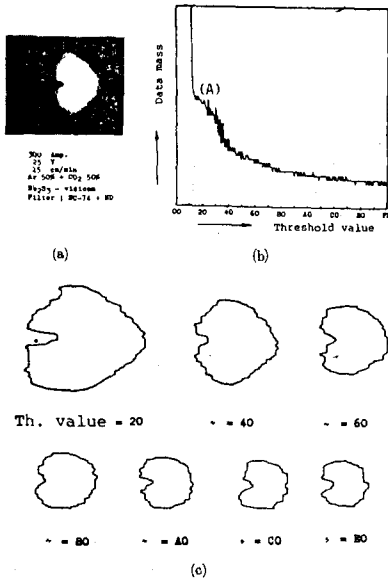


Fig.3 Binary image and threshold value

평활화 처리는 아-크의 불안정과 고전류의 영향 등으로 생기는 전기적 잡음으로 인한 도형의 가장자리의 불규칙한 요철, 구멍 등을 제거하기 위해 거치는 과정이다.

평활화 처리의 과정은 주의 화소의 평균 혹은 가장 평균을 이용하거나 lowpass filtering 등의 방법이 있으나 본 연구에서는 Fig.4 와 같은 간편한 알고리즘을 이용하여 평활화 처리를 하였으며 Fig.5 에 평활화 처리전과 후 영상의 상태가 나타나 있다. 용융지 폭의 측정은 Fig.6과 같은 알고리즘을 이용하여 실시간으로 측정할 수 있다.

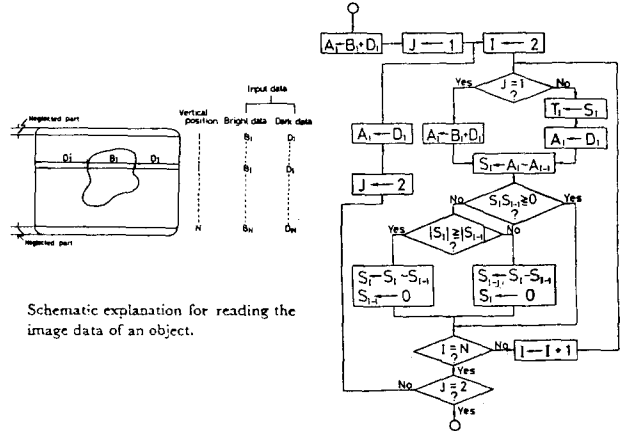


Fig.4 Algorithm for smoothing operation

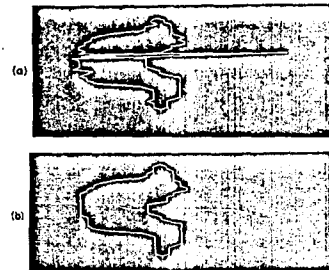


Fig.5 (a) image before the smoothing operation
(b) image after the smoothing operation

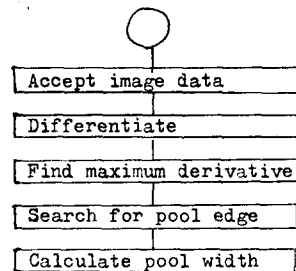


Fig.6 Algorithm for measuring weld pool width

3. 용융지 폭의 귀환제어

용융지의 폭은 용접전류, 용접전압, 용접속도에 의해 결정된다. 이중 용접전류는 용융지의 형상을 결정짓는 가장 중요한 변수이며 비교적 제어하기 쉬우므로 제어변수로 적당하다. 제어방정식은 아래의 식으로 나타낼 수 있으며 Fig.7 의 흐름도의 control block 에서 계산이 수행된다. Fig.8 은 전체 시스템의 개략으로 나타낸 것이다.

$$I = I_0 + G \Delta W$$

I : 용접전류 (amp)

I_0 : 초기전류치 (amp)

G : 용융지 폭의 변화에 대한 전류치
변화율 (amp/cm)

ΔW : 용융지 폭의 변화치(cm)

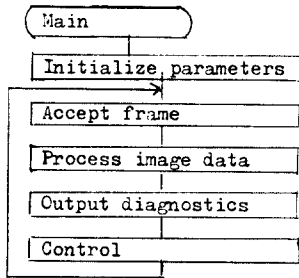


Fig.7 Weld pool size control program flowchart

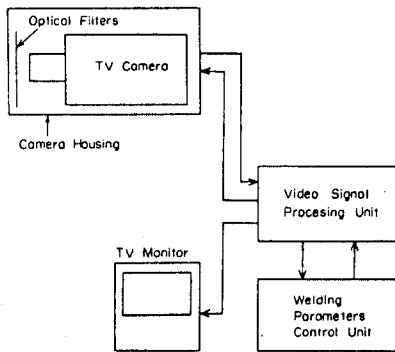


Fig.8 Schematic diagram of weld pool control system

4. 결론

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) ND 및 적외 필터와 표준 비디콘 카메라를 사용하여 명료한 용융지의 상을 얻을 수 있었다.
- 2) 평활화 처리와 2치화 처리를 통해서 용융지의 영상을 재현하였으며 간단한 알고리즘을 사용하여 용융지의 폭을 실시간으로 측정하였다.
- 3) 용융지의 폭과 용접전류와의 관계식을 설정하여 용접 전류의 자동 조정함으로써 용융지 폭을 제어하였다.

참고문헌

- (1) Kokura, "Research of Optical Device for Monitoring Welding", Report of Welding Process Committee, Japan Welding Society, 1978
- (2) R.W. Richardson, "A Vision Based System for Arc Weld Pool Size Control", CWR Report # 529501-82-8, 1982
- (3) Inoue, "Image Processing for On-Line Detection of Welding Process", Trans. of JWRI, Vol.9 (1980), No.1, pp 27-30