

# 회전토치를 사용한 용접로봇의 용접 비드 인식 알고리즘에 관한 연구

## A Study on the bead-detection algorithm for welding robot using rotating torch

윤 호중\*, 강 성원\*, 한 종만\*

\*대우조선해양(주) 선박해양기술연구소 자동화연구팀, 경남 거제시 아주동 1번지

### 1. 서 론

최근 국내의 대형 조선소에서는 선체 소조립 용접공정의 생산성 향상, 고품질 용접 및 작업장 환경개선의 일환으로 용접 공정의 자동화를 위한 다양한 연구를 수행하고 있다. 특히 선진 조선소의 경우 로봇을 사용한 용접 자동화를 통하여 관련된 여러 문제점들을 원만히 해결하고 있다. 그러나 선체 소조립 용접대상물의 경우 작업대상물이 길어 한 대의 로봇이 용접선 전체를 처리할 수 없는 경우가 발생하고, 또한 다양한 형태의 곡 용접선이 존재하므로 로봇은 고성능 용접선 추적 기능 이외에도 비드 인식, 끝단 인식 등의 다양한 부가 기능들이 요구된다. 이에 당사에서는 소조립 공정의 로봇화를 위하여 당사 고유의 소조립 로봇시스템에 고속 회전토치를 사용하여 용접선 추적법을 개발한 바 있으며, 본 연구에서는 고속 회전토치를 사용하는 다수의 로봇을 이용하여 긴 용접선을 효과적으로 용접하는데 필요한 용접 비드의 인식법을 개발하였다.

### 2. 용접실험

#### 2.1 실험 조건 및 방법

알고리즘 개발을 위하여 먼저 Table 1과 같이 실험조건을 설정하였다.

Table 1 Welding condition for bead-detection

회전직경	회전수	보호가스	용접재
2.5 mm	20 Hz	CO <sub>2</sub> 100%	DS 7100 (1.4 φ)
용접전류	용접전압	용접속도	팁-모재간거리
400 A	38 V	72 cpm	20 mm

용접 중의 용접 전압, 용접 전류 및 회전 토치 엔코더의 신호는 로봇 제어기로부터 4 kHz로 sampling 한 후, 필터링을 통하여 노이즈 성분을 제거하였다. 실험용 시편은 실제 현장의 작업 대상 부재와 유사한 형태의 직선과 곡선의 필렛 조인트로서, 특정부위가 각목 4.5 mm로 용접되어 비드의 시작 위치를 기준으로 전후 35 mm, 총 7 mm 구간을 회전토치로 용접을 하고 이때의 용접 전류와 용접전압 및 엔코더 신호를 수집하는 방법으로 실험을 수행하였다.

#### 2.2 직선부재 용접 실험

Fig. 1과 같이 직선 비드 이음부에 대한 용접 실험을 수행하였으며, 이때 수집된 용접전류, 전압신호는 Fig. 2와 같다.

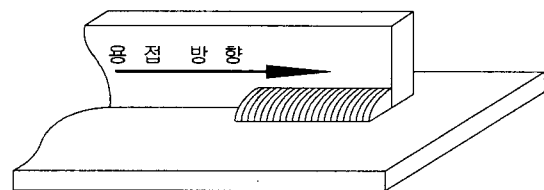


Fig. 1 Schematic drawing of straight fillet joint

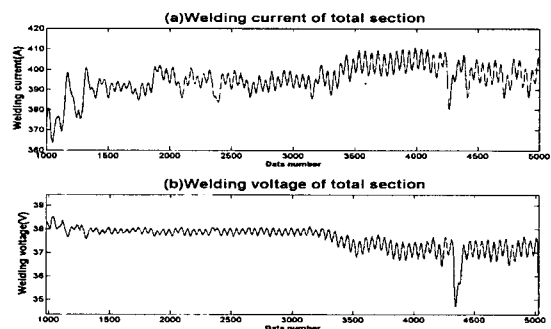


Fig. 2 Welding current and voltage signal for straight fillet joint

### 2.3 곡선부재 용접 실험

Fig. 3과 같이 직선 비드 이음부에 대한 용접 실험을 수행하였으며, 이때 수집된 용접전류, 전압신호는 Fig. 4와 같다.

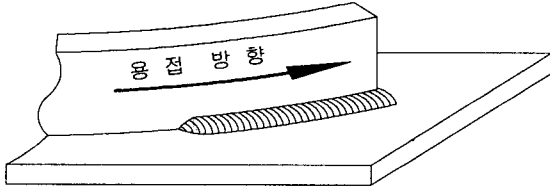


Fig. 3 Schematic drawing of curved fillet joint

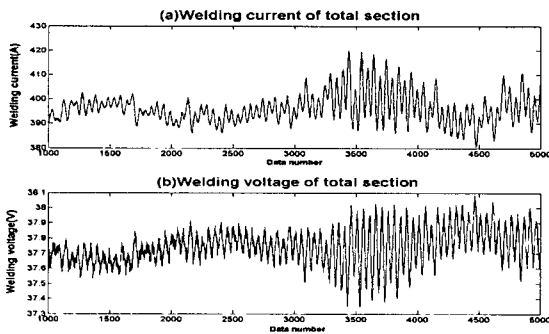


Fig. 4 Welding current and voltage signal for curved fillet joint

## 3. 결과분석

### 3.1 데이터 분석

용접실험을 통하여 수집한 용접전류, 전압신호를 분석하기 위하여 엔코더 c상의 신호를 이용하여 토치 회전구역에 대한 정의를 Fig. 5와 같이 하였고, 분석결과 Fig. 6, 7과 같은 결과를 얻었다.

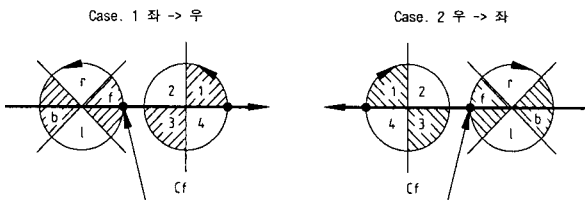


Fig. 5 Definition of rotating section

Fig. 6, 7의 (a), (b), (c), (d)는 각각 Fig. 정의한 각각의 회전구역에서 수집된 전류와 전압의 차이값으로써, 회전토치가 용접 비드를 지나

는 지점인 16, 17부근에서 텀-모재간 거리변화에 따라 용접전류, 전압이 변화함을 알 수 있다.

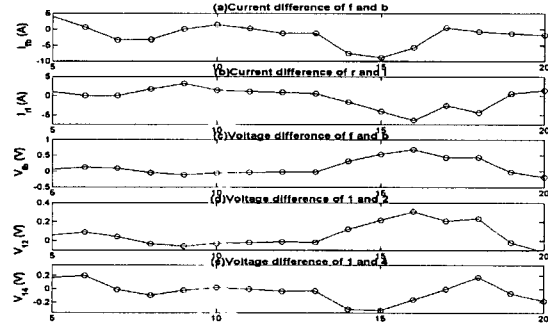


Fig. 6 Analysis of welding current and voltage signal for bead-detection in straight fillet joint

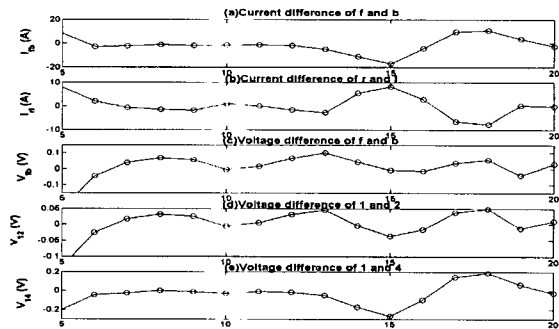


Fig. 7 Analysis of welding current and voltage signal for bead-detection in curved fillet joint

### 3.2 용접 비드 인식 알고리즘

회전토치를 사용하여 용접실험을 수행한 결과를 바탕으로, Fig. 8과 같은 용접 비드 인식 알고리즘을 수립하였다. Fig. 8의 (1)에서 고속용접에 적합한 토치 회전수를 20Hz로 설정하고, (2)의 로봇 제어기에서 용접 중 발생하는 전류, 전압, 엔코더 신호를 수집한다. 용접 비드 인식을 위하여 Fig. 8의 (3)에서 전류와 전압신호에 대한 계산은 식(1)과 같이 한 후, (4)에서 비드 이음부 인식에 필요한 reference값을 식(2)와 같이 계산한다. Fig. 8의 (5)에서 비드 이음부 인식에 필요한 delta값을 식(3)과 같이 계산한 후, 용접실험 통하여 설정된 (6)의 판별값 및 판별식으로부터 비드 이음부를 인식한다.

$$[V, I]_{comp}(n) = \frac{\sum_{i=m(n-1)+1}^{m \cdot n} [V, I](i)}{m} \quad \text{식(1)}$$

$$[V, I]_{ref}(n) = \frac{\sum_{i=n-2}^{n-3} [V, I]_{comp}(i)}{ref\_region} \quad \text{식(2)}$$

$$\Delta[V, I](n) = [V, I]_{comp}(n) - [V, I]_{ref}(n) \quad \text{식(3)}$$

### 4. 결 론

(1) 비드 및 끝단부를 자동으로 인식하기 위하여 토치의 시작점을 기준으로 회전 방향에 따라 정의된 1~4분면 및 전, 후, 좌, 우의 영역에서 수된 용접 데이터를 분석하여 비드를 자동으로 인식하는 알고리즘을 개발하였다.

(2) 개발된 알고리즘을 로봇 제어기에 적용하여 시편의 용접선에 대한 확인실험을 수행한 결과, 비드 이음부를 정확하게 인식함을 확인하였다.

### 참고문헌

1. S. W. Kang, H. J. Youn, J. H. Kim, J. M. H study on the arc sensor algorithm for welding using rotating torch", Proc. of the 2002 S Annual Meeting of KWS, Vol. 39, 2002, p46-4
2. J. W. Kim, S. J. Na, "A study on Arc sens Gas Metal Arc Welding of Horizontal Fil Welding Reasearch Supplements, Aug. pp.216s-221s
3. Hirokazu Nomura, Yuji Sugitani and Masatoshi Murayama, "Development of Automatic Fillet Welding Process with High Speed Rotating Arc", Trans.Japan Welding Society, 18-2 1987, pp26-34

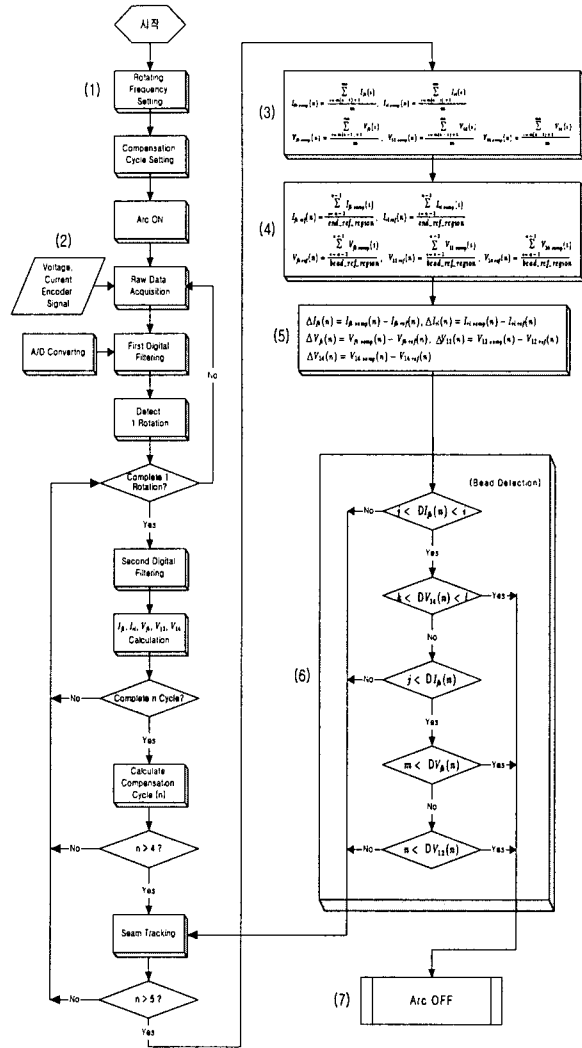


Fig. 8 Flow chart of bead-detection algorithm

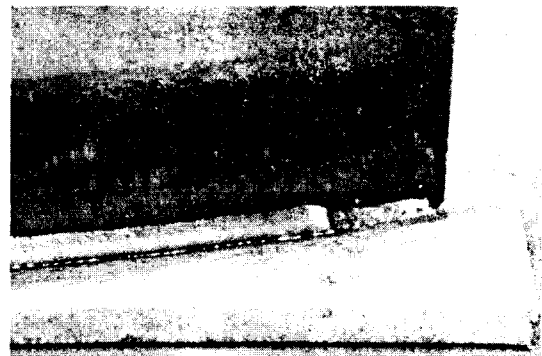


Fig. 9 Photo of bead-detection result for curved fillet joint