

# SAW 용접시 다중 토치를 이용한 용접부 적응제어에 관한 연구

## A Study on Adaptive Control to Fill Weld GrooveBy Using Multi-Torches in SAW

문형순\*, 김정섭\*, 권혁준\*\*, 정문영\*

\* 현대중공업 산업기술연구소 자동화연구실

\*\* 현대중공업 산업기술연구소 용접연구실

### ABSTRACT

The term adaptive control is often used to describe recent advances in welding process control but strictly this only applies to system which are able to cope with dynamic changes in system performance. In welding applications, the term adaptive control may not imply the conventional control theory definition but may be used in the more descriptive sense to explain the need for the process to adapt to the changing welding conditions.

This paper proposed a methodology for obtaining a good bead appearance based on multi-torches welding system with the vision system in SAW. The methodologies for adaptive filling control used the welding current/voltage, arc voltage/welding current/wire feed speed combination and welding speed by using the vision sensor. It was shown that the algorithm for the welding current/voltage combination and welding speed revealed the sound weld bead appearance compared with that of the voltage/current combination.

### 1.서론

유해가스나 용접소음 등으로 인하여 초래되는 열악한 용접환경은 작업자들에게 상당한 피로감을 유발하게 된다. 또한 수용접에 의한 재현성 감소 등은 재 용접을 부분적으로 초래하게 되고, 이로 인해 생산성 감소를 초래하게 된다. 이러한 이유 때문에 80년대 이후부터 용접자동화에 대한 요구가 점진적으로 증가하고 있으며, 이를 위해 각종 센서류가 하루가 다르게 발달하고 있다. 특히 시각센서의 경우 90년대를 기점으로 하여 기능과 가격 면에서 상당한 발전을 거듭하고 있다. 비접촉식 센서로서 사용되는 비전센서는 용접선 자동추적, 용접 비드 형상 계측 그리고 사용자 모니터링 시스템 등에 다양하게 적용되고 있으며, 점점 그 적용 분야를 넓혀가고 있는 실정이다<sup>1,2,3,4,5,6,7)</sup>

본 연구에서는 시각센서가 장착된 다전극 용접장비를 이용하여 다양한 용접부 적응제어 알고리즘을 제시하였으며, 각각의 특성과 용접결과를 분석하였다. 또한 각각의 알고리즘 중 그루브 면적 변화에 따라 실질적으로 적용될 수 있는 알고리즘을 제시하였다. 이를 통해 다전극 용접장치의 용접선 자동추적 뿐만 아니라 용접하고자 하는 그루브의 단면적 변화에 대응할 수 있는 적응제어 시스템을 구성할 수 있었다.

### 2. 용접부 적응제어

용접선 추적을 위해 사용된 알고리즘은 단순 조인트(joint) 인식을 통한 용접선 추적 알고리즘이

다. 본 연구에서 사용된 용접부 형상은 V-그루브 형태이며 이차 미분법을 이용하여 그루브 에지(edge)들을 추출하였다.

전압/전류를 이용한 용접적응제어 알고리즘은 다음과 같다. 각 토치별로 제어해야할 용접전류값은 결정되며 이를 아래에 나타내었다.

$$I_{s2}' = \frac{I_{rev} \cdot I_{s2}}{I_{nt}}, I_{s3}' = \frac{I_{rev} \cdot I_{s3}}{I_{nt}}, I_{s4}' = \frac{I_{rev} \cdot I_{s4}}{I_{nt}}, I_{s5}' = \frac{I_{rev} \cdot I_{s5}}{I_{nt}}$$

여기서,

$$k = A_{fm} / A_{fs}$$

$$I_s = I_{s1} + I_{s2} + I_{s3} + I_{s4} + I_{s5}$$

$$TI = k \cdot I_s$$

$$I_{rev} = TI - I_{s1}$$

$$I_{nt} = I_{s2} + I_{s3} + I_{s4} + I_{s5}$$

### 3. 결과 및 고찰

용접부 적응제어 알고리즘의 특성을 실험하기 위하여 시작점의 면적과 종점의 면적이 선형적으로 변하는 시편을 제작하였다. 시작점 그루브의 면적(groove area)은 37mm<sup>2</sup>, 캡면적(cap area)은 23mm<sup>2</sup>가 되며, 전체적으로 채워야할 면적은 60mm<sup>2</sup>이다. 종점의 경우 전체적으로 채워야할 면적은 98mm<sup>2</sup>이며, 시작점과는 38mm<sup>2</sup>의 면적 차를 나타낸다.

#### 3.1 일정 용접조건 제어

용접 그루브 단면적이 길이 방향에 따라 점점 증가하는 용접부를 용접 초기점 즉 그루브 단면적이 가장 작은 부분을 채울 수 있는 용접조건으로 용접한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 결과적으로 표준 용접조건이 용접 시작점의 표준 용접조건이므로 용접 진행방향으로 용착량이 부족하게 되는 결과를 나타내었다. 용접된 시편의 외관을 보면 용착량이 부족하여 용접부 형상이 아래로 오목한 형상을 나타내었다.

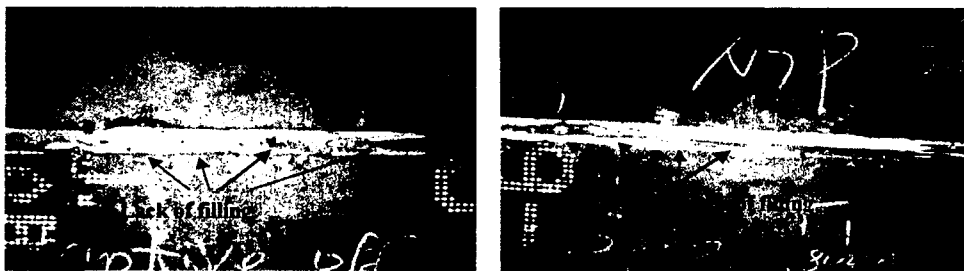


Fig. 1 Photograph for result of welding

#### 3.2 전압/전류 제어

2절의 결과를 바탕으로 전류값 및 전압값을 그루브 단면적에 적응적으로 제어한 용접실험 결과를 Fig.2에 나타내었다.

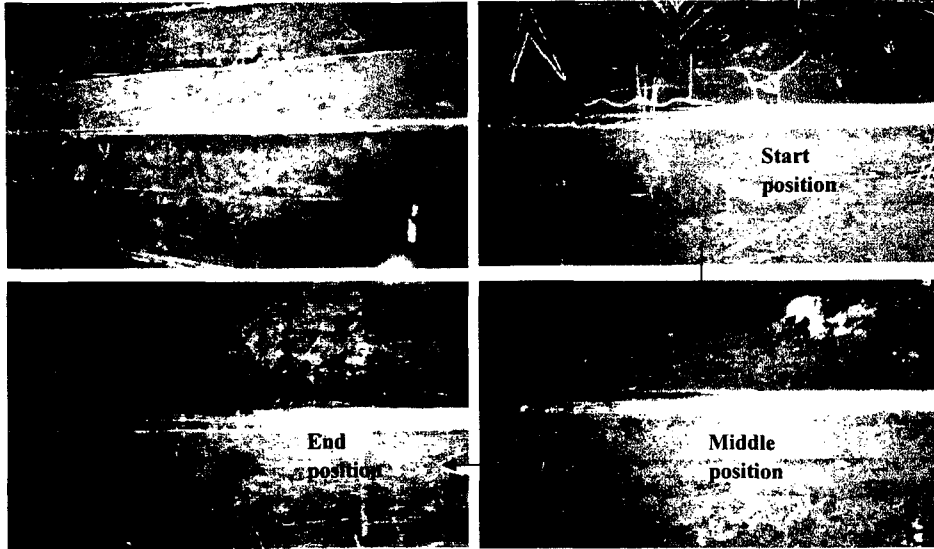


Fig. 2 Photograph for result of welding

#### 4. 결론

본 연구에서는 다양한 적응제어 알고리즘을 제시하였으며 각 알고리즘 별 특성 및 한계점을 실험을 통하여 정립하였다. 용접부의 단면적 차가 많이 나지 않을 경우 전류/전압 제어 방식을 사용하면, 부가적으로 속도제어를 위한 시스템이 필요치 않다는 장점을 가진다. 하지만 단면적 차가 많이 나는 경우 용접속도를 이용해야만 아크 안정성을 유지하면서 용접부를 적절히 채울 수 있음을 알 수 있었다. 끝으로 본 알고리즘 개발을 통해 현재 3전극 및 5전극 자동화 장비를 개발 적용 중에 있으며, 향후 유사 장비를 개발하고자 하는 개발자에게 많은 도움이 되리라 생각된다.

#### 참고문헌

- 1) S. J. Na, J. S. Sin and J. W. Kim : A Study on Seam Tracking and Arc Data Monitoring for Sheet Metal Welding, Int. Conf. on Computerization of Welding Information IV, Orlando, Florida, Nov. 3-6, (1992), pp.240 - 250
- 2) C. W. Lee and S. J. Na : Vision Sensor for Welding Automation, Journal of the Korea Welding Society, Vol. 11, No. 3, (1993), pp.10-21
- 3) R. W. Richardson : Robotic Weld Joint Tracking Systems - Theory and Implementation Methods, Welding Journal, Vol. 65, No. 11, (1986), pp.43-51
- 4) Y. Suga, Y. Sato, M. Naruse, K. Kojima and K. Ogawa : Recognition of the Weld Line by a Visual Sensing System and Weld Line Tracking in Automatic Welding of Thin Aluminum Plates, Welding International, Vol. 7, No. 4, (1993), pp.273-279
- 5) S. Nakata, J. Jie, Y. Tsuruha, N. Noguchi and T. Kobashri : Visual Sensing System for

- In-Process Control of Arc Welding Process, Journal of Japan Welding Society, Vol. 6, No. 1, (1988), pp.123-127
- 6) R. J. Beattie, S. K. Cheng and P. S. Logue : The Use of Vision Sensor in Multipass Welding Applications, Welding Journal, Vol. 67, No. 11, (1988), pp.23-28
  - 7) J. S. Sin : A Study on Seam Tracking and Arc Data Monitoring System in Lap Joint, M.S. Thesis, Korea Advanced Institute of Science and Technology, (1991)