

퍼지제어를 이용한 용접선추적용 아크센서에 관한 연구

A study on arc sensor for weld seam tracking
by using fuzzy control

조시훈* , 김재웅
(영남대학교 기계설계공학과)

1. 서론

GMA용접은 아크열에 의해 용가재와 모재가 녹아 용접부를 접합시키는 용접법이다. 아크 센서란 용접기의 정전압 특성을 이용해 팁-모재간 거리가 길어지면 전류는 감소하고 짧아지면 전류는 증가하는 원리를 이용하는 것이다[1]. 본 연구에서는 토치의 위빙중심선과 용접선과의 거리에 따른 용접전류변화량의 관계를 나타내는 실험식을 도출하였으며, 이렇게 만들어진 아크센서의 모델을 이용해 각각의 용접조건에 대해 용접선추적 실험을 하였다. 이 결과를 기초로 몇가지 용접조건에 적합한 퍼지제어기를 만들었다. 아크센서모델을 이용한 용접선 추적성능과 퍼지제어기를 통한 용접선 추적성능을 비교해 보았을 때 퍼지제어기를 이용한 용접선 추적성능이 좀더 양호한 결과를 나타내었다.

2. 아크센서의 모델링

아크센서를 모델링하므로써 토치가 용접선 중심에서 벗어난 정도를 예측하고 이를 제어하므로써 용접선 추적에 이용할 수 있게 된다. 즉, Fig.1에서 처럼 토치가 용접선 중심에서 벗어난 채 위빙할 경우 위빙 양끝단에서 전류차 $\Delta I (=I_R - I_L)$ 가 생기게 되고, 이 ΔI 값을 이용해서 토치가 용접선 중심에서 벗어난 정도를 알 수 있다. Fig.2는 아크센서 모델링을 위한 실험방법을 나타낸다. Fig.3은 하나의 용접조건에 대해 저역통과필터(low pass filter)를 통과한 신호(filtered signal)의 ΔI 를 나타낸다. 여기서의 ΔI 는 길이 130mm의 용접선을 모두 용접했을 때 양끝단 전류차들의 평균값을 나타낸다. 그리고 직선은 최소자승법을 이용한 회귀직선(regressive line)을 나타낸 것이다.

3. 아크센서 모델을 이용한 용접선 추적실험

용접선이 중심선에서 5°의 오프셋각도를 가지는 경우에 대해서 위의 아크센서 모델을 이용해 용접선 추적 실험을 하였다. Fig.4은 아크센서 모델과 제어알고리즘[2]을 이용해 필터를 통과한 신호에 대해 용접선 추적실험한 결과를 나타낸다. 모델을 위한 데이터의 분산이 크에도 불구하고 용접선 추적 성능은 상당히 양호한 것으로 나타났다.

4. 퍼지제어기를 이용한 용접선 추적 실험

아크센서모델만을 이용한 용접선추적에 있어 더 이상의 성능향상을 기대하기가 어렵고 용접조건에 따라 아크센서의 모델을 바꾸어 주어야 하는 어려움이 있기 때문에 하나의 퍼지 제어기로서 다조건에 용접조건에 적용이 가능하고 설계자의 경험과 지식을 이용할 수 있는 퍼지제어기(fuzzy controller)를 설계하였다[3].

본 연구에서는 아크센서 모델을 이용한 용접선 추적결과를 이용하여 퍼지-비례적분제어(fuzzy proportional & integral control)를 하였으며, 퍼지-비례적분제어를 하기 위해 조건부 변수로 위빙 양 끝단의 전류차와($e = \Delta I$)와 이 전류차의 적분($s = \sum \Delta I$)을 이용하였다.

여기서 오차의 적분은 이전 4개의 오차의 합만을 이용하였다. 오차의 범위는 +25A - -25A로 하였으며, 오차의 적분의 범위는 +40A - -40A로 하였다. 그리고 토치가 용접선 중심에서 벗어난 거리(D)를 나타내는 결론부 변수(u)의 범위는 +5mm - -5mm로 하였다. 소속함수는 언어적 변수로 다음과 같이 정의 하였다.

$$T_E = \{PVB, PB, PM, PS, PVS, ZO, NVS, NS, NM, NB, NVB\}$$

$$T_S = \{PB, PM, PS, ZO, NS, NM, NB\}$$

$$T_U = \{PVB, PB, PM, PS, PVS, ZO, NVS, NS, NM, NB, NVB\}$$

PVB : Positive Very Big	PB : Positive Big
PM : Positive Medium	PS : Positive Small
PBS : Positive Very small	ZO : Zero
NVS : Negative Very Small	NS : Negative Small
NM : Negative Medium	NB : Negative Big
NVB : Negative Very Big	

Fig. 5 처럼, 정해진 소속함수는 퍼지추론시 수식계산을 쉽게 하기 위해서 삼각형 형태[3]로 설계하였다. 본 연구에서의 퍼지시스템은 2입력 1출력 시스템이며 Table 1 에 이 시스템의 입출력 관계를 나타내는 제어규칙을 나타내었다. 그리고 앞에서 설계된 퍼지제어기를 이용해서 퍼지제어기의 퍼지화 상수(Ge, Gs)와 비퍼지화 상수(Gu)를 바꿔가면서 용접선 추적 실험을 해본 결과 Ge와 Gs, Gu가 각각 0.2, 0.02, 0.09일 때가 가장 용접선 추적 성능이 좋은 것으로 나타났다. Fig. 6은 용접선 중심오차가 5° 그리고 Fig. 7은 용접선 중심오차가 8°인 경우에 대해 용접선 추적 실험을 한 경우인데, 추적 성능이 매우 양호한 것으로 나타나 설계된 퍼지제어기가 임의의 용접부 형상에 대해서도 용접선 추적이 가능한 것을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 위빙중심선과 용접선간의 거리에 따른 용접전류의 변화량을 모델링 하였으며, 이것을 용접선 추적실험에 적용하여 양호한 추적성능을 얻을 수 있었다. 이 결과들을 기초로 퍼지제어기를 구성하였으며, 퍼지화 상수인 Ge와 Gs, 비퍼지화 상수인 Gu가 각각 0.2, 0.02, 0.09일 때 가장 추적 성능이 좋은 것으로 나타났다. 그리고 이렇게 설계된 퍼지시스템을 용접선 중심 오차가 8°인 경우에 대해 적용해 보았을때 상당히 양호한 추적 성능을 나타내었으며 본 퍼지제어시스템이 임의의 용접부 형상에 대해서도 용접선 추적이 가능함을 확인할 수 있었다.

6. 참고문헌

- [1] J. W. Kim and S. J. Na, 1991, "A Study on Prediction of Welding Current in Gas Metal Arc Welding-part2: Experimental Modelling of Relationship between Welding Current and Tip-to-Workpiece Distance and Its Application to Weld Seam Tracking System", Procd. IMechE, Vol205, pp. 59-63
- [2] J. W. Kim and S. J. Na, 1991, "A Study on Arc Sensor Algorithm for Weld Seam Tracking in Gas Metal Arc Welding of Butt Joints", Procd. IMechE, Vol. 205,

[3]이 광형, 오길록, "퍼지이론 및 응용 II 권: 응용", 홍릉과학출판사, pp.5.1-5.91

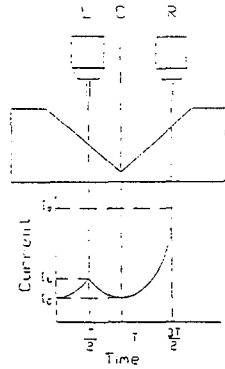


Fig. 1 Welding current variation during torch weaving

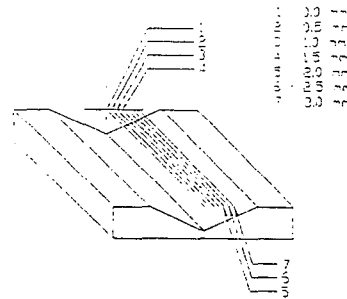


Fig. 2 Schematic diagram of weaving center deviation from weld line (offset distance)

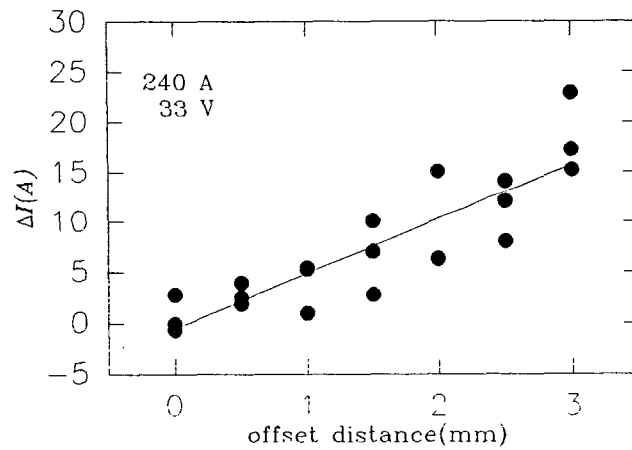


Fig. 3 Arc sensor model of filtered signal

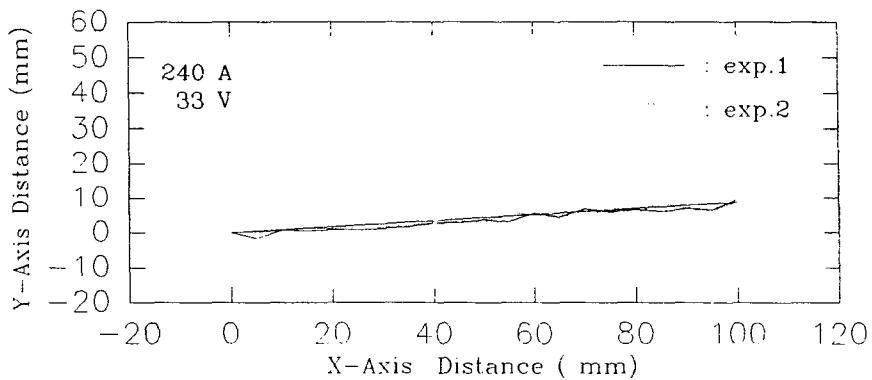


Fig. 4 Controlled trace of torch weaving center by using the model of filtered signal

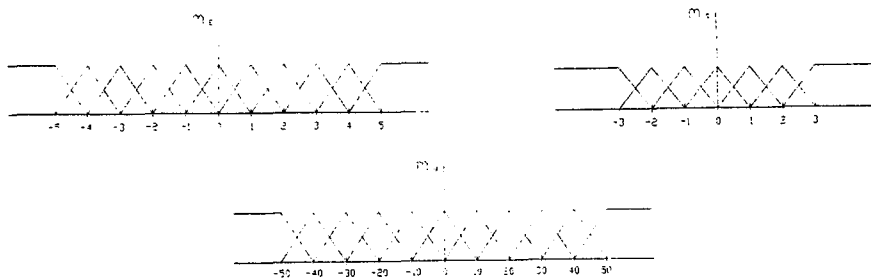


Fig.5 Fuzzy membership function for each linguistic fuzzy set value

Table 1 Rule base for fuzzy control

E \ S	NVB	NB	NM	NS	NVS	ZO	PVS	PS	PM	PB	PVB
NB	PVB	PVB	PVB	PVB	PB	PM	PS	PVS	ZO	NVS	NS
NM	PVB	PVB	PVB	PB	PM	PS	PVS	ZO	NVS	NS	NM
NS	PVB	PVB	PB	PM	PS	PVS	ZO	NVS	NS	NM	NB
ZO	PVB	PB	PM	PS	PVS	ZO	NVS	NS	NM	NB	NVB
PB	PB	PM	PS	PVS	ZO	NVS	NS	NM	NB	NVB	NVB
PM	PM	PS	PVS	ZO	NVS	NS	NM	NB	NVB	NVB	NVB
PB	PS	PVS	ZO	NVS	NS	NM	NB	NVB	NVB	NVB	NVB

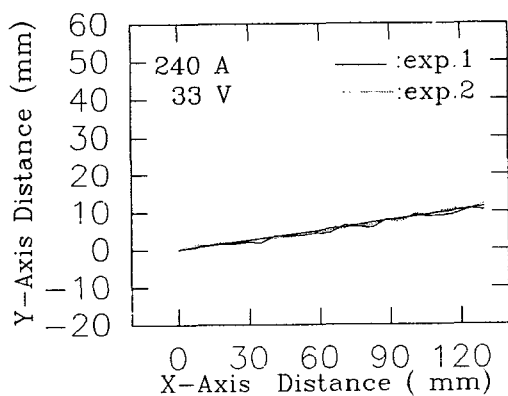


Fig.6 Controlled trace of torch weaving center by using fuzzy control

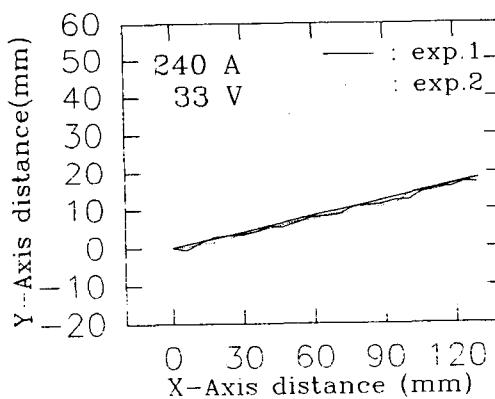


Fig.7 Controlled trace of torch weaving center by using fuzzy control (offset error= 8°)