

Mita index 를 이용한 실시간 아크 안정성 판단과 안정성 제어를 위한 알고리즘 개발

우 재 진*, 이 세 현**, 엄기원**

* 한양대학교 정밀기계공학과 대학원

** 한양대학교 정밀기계공학과

1. 서론

CO₂ 용접에서는 외관불량이나 내부결함을 발생시키지 않는 안정된 아크를 유지하는 것이 중요하다. 이런 아크 안정성에 관해 예전에는 주로 정성적인 판단이 행하여졌으나 근래에 들어 많은 정량적인 판단이 시도되었다. Arai⁽¹⁾는 저전류영역에서 아크시간의 표준편차와 아크안정성과의 관계를, Lucas⁽²⁾는 단락최고전류와 단락주기의 균일성과 아크안정성과의 관계를, Liu⁽³⁾는 이행시간과 안정성과의 관계를, 또한 Mita⁽⁴⁾는 다중회귀분석을 이용해 아크, 단락시간의 표준편차와 아크, 단락전류의 평균전류의 표준편차로 아크안정성을 나타내는 인덱스를 만들었다. 본 연구는 mita index 를 이용하여 용접품질을 실시간 모니터링하며 또한 제어하는 것이다.

2. Mita stability index

전류, 전압파형에서 안정성과 관련해 그 연관성이 있을 것 같은 여러인자들을 뽑아서 실험을 통해 안정성과 가장 관련이 많은 것들이 아크, 단락시간의 표준편차와 아크, 단락평균전류의 표준편차임을 알 수 있었고 이것을 index 를 구성하는 변수로 정하였다. 이들은 다중회귀분석을 통해 변수들간의 곱의 형식으로 인덱스를 구성하였다. 그런데 이 인덱스는 저전류영역에서는 아크소멸로 인해, 고전류 영역에서는 burn off 로 인해 실제 안정성과 인덱스 값이 일치하지 않는데 이것을 보정하는 두 식을 첨가하여 아래와 같은 index 를 얻는다.

$$Index = \ln\left(\frac{s[Ts]}{1.3} \times \frac{s[Ta]}{3.8} \times \frac{s[\bar{I}s]}{24} \times \frac{s[\bar{I}a]}{23.6}\right) + 2\ln(\bar{R}_a / R_i) + \ln(P_a / P_i) \quad (1)$$

$R_i = 5.55 \times 10^{-6} / i^2 - 3.13 \times 10^{-3} / i + 0.553$: 최적조건시의 아크기의 저항평균값

$P_i = 1.79 \exp(0.018i)$: 최적조건시 파워

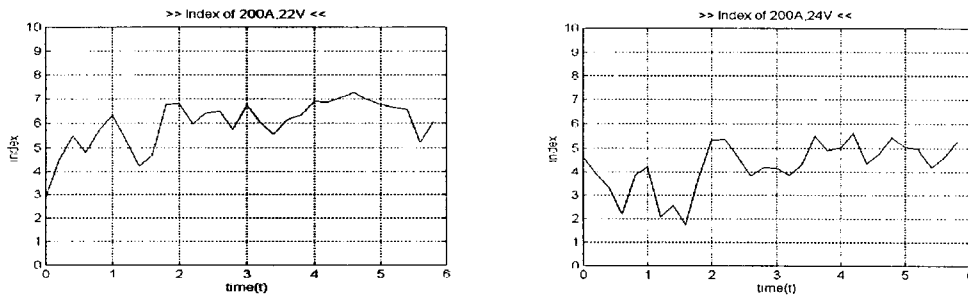
2. 실험장치 및 방법

Hall sensor 를 이용하여 용접전류를, 병렬저항을 이용하여 전압을 얻었으며 이것은 NI 사의

DAQ 보드를 통해 컴퓨터로 연결된다. 이때 용접은 bead -on-plate 용접을 하였고 용접속도는 5mm/s, 심선은 ϕ 12mm 의 solid wire 를 사용하였으며 CTWD 는 200A 이하에서는 15mm 로 하였다. 시편은 일반연강, 두께 9mm 를 사용하였고 샘플링은 초당 5000 개씩 하였다. 위의 모든 조건은 mita 의 실험조건과 같으나 용접기만이 thyristor 방식이 아닌 inverter type 의 용접기를 사용하였다. 아크기와 단락기를 구분하는 전압의 threshold 값은 mita 와는 다른 전류에 따라 달라지는 값으로 하였는데 이것이 가장 아크기와 단락기를 잘 구분하였다. 또한 noise 대책으로 소프트웨어적으로 lowpass filter 와 median filter 를 이용하였다.

3. 실험결과

그림과 같이 실시간으로 index 값을 얻을 수 있었다. 적정조건일 때는 인덱스의 평균값이 낮음을 알 수 있다. 다음은 200A 때의 전압별 인덱스의 예이다.

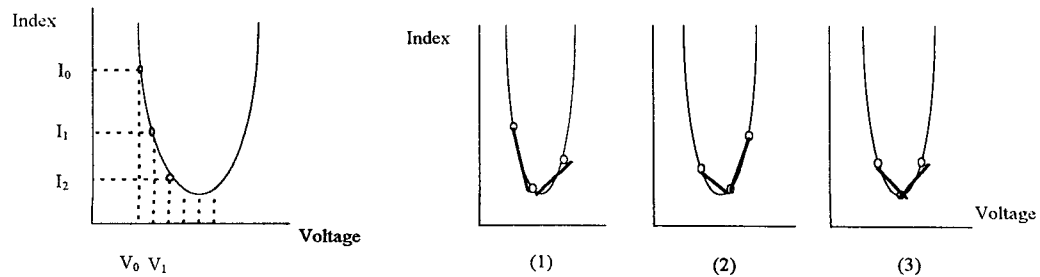


따라서 어떤 전류값에서 인덱스를 제어 입력으로 용접전압값을 출력으로 하는 제어를 설계해서 안정한 아크를 얻을 수 있다.

4. 안정도 제어 알고리즘

1). 기울기 변화를 이용한 시행착오법

그림과 같이 안정도와 전압값은 2 차곡선의 관계가 있다. 전압값을 변화시킬 때 두번째 그림과 같은 세가지 경우에 대해 다음과 같이 시행착오에 의해 전압증분을 줄 수 있다.



$$s_{n-1} \times s_n > 0, s_n < 0 \longrightarrow v_{n+1} = v_n + d_1$$

$$s_{n-1} \times s_n > 0, s_n > 0 \longrightarrow v_{n+1} = v_n - d_1$$

$$s_{n-1} \times s_n < 0, s_n < 0$$

$$|s_{n-1}| > |s_n| \longrightarrow v_{n+1} = v_n + d_2$$

$$|s_{n-1}| < |s_n| \longrightarrow v_{n+1} = v_n + (d_1 + d_2)$$

$$|s_{n-1}| \equiv |s_n| \longrightarrow v_{n+1} = v_n + d_1 = v_{n-1}$$

$$s_{n-1} \times s_n < 0, s_n > 0$$

$$|s_{n-1}| > |s_n| \longrightarrow v_{n+1} = v_n - d_2$$

$$|s_{n-1}| < |s_n| \longrightarrow v_{n+1} = v_n - (d_1 + d_2)$$

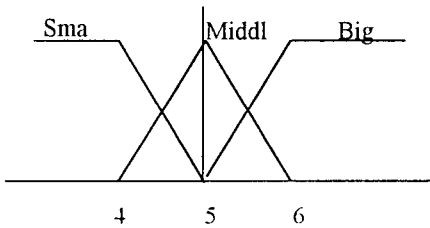
$$|s_{n-1}| \equiv |s_n| \longrightarrow v_{n+1} = v_n - d_1 = v_{n-1}$$

이 때 S 는 기울기, V 는 출력전압, d 는 전압의 증분이다

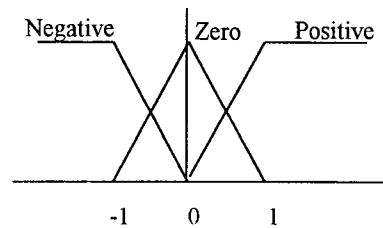
2) Fuzzy 를 이용한 안정도 제어

입력 1 은 인덱스 값이고 입력 2 는 인덱스 값의 차이이고 출력은 전압의 증분으로 하여 제어기를 구성하였다.

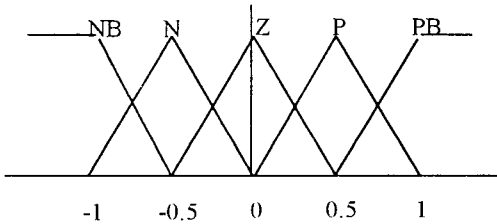
Fuzzy input1: index(I)



Fuzzy input2: ΔI



Fuzzy output: +V

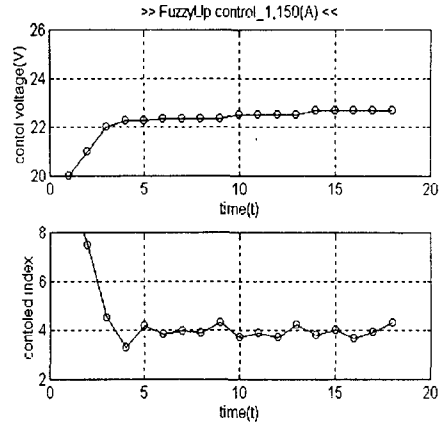
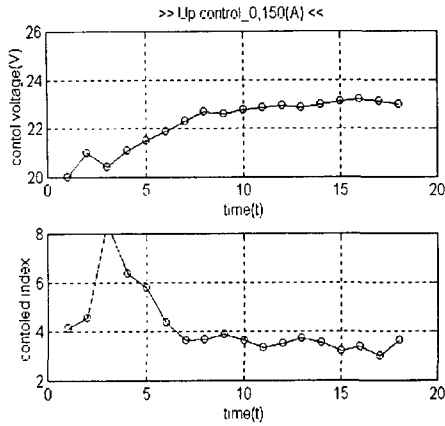


Rule base

$\Delta I \backslash I$	Small	Middle	Big
Negative	Z	P	PB
Zero	Z	Z	Z
positive	Z	N	NB

5. 제어결과

이 두가지 알고리즘을 이용하여 어떤 전압값에서 용접을 시작할 때 최적전압을 찾아가는 것을 다음 150A 때의 데이터를 통해서 알 수 있다.



6. 결론

Threshold 값을 변형시킨 실시간 mita index 는 inverter type 의 용접기에서도 아크 안정성을 잘 나타냄을 알 수 있었고 이 인덱스를 제어입력으로, 용접전압을 출력으로 안정성 제어기를 설계하였으며 이를 통해 적정 전압값을 찾아감으로써 아크 안정성을 유지할 수 있었다.

참고문헌

1. T.Arai et al : The investigation for Arc Phenomina by means of a Computer' ,Quarterly Journal of the Japan Welding Society1, Vol .1 ,No.3, (1983), pp 317-322
2. W Lucas : Microcomputer Systems, Software and Expert system for Welding Engineering , Welding Journal, Apr..(1987), pp 19-30
3. S Liu et al : Metal transfer in Gas Metal Arc Welding : Droplet rate , Welding Journal, February, (1989), pp 52s-58s
4. T mita et al : Quantitative Estimates of Arc Stability for CO₂ Gas shielded Arc Welding , Welding International. No.2, (1988), pp.152-159
5. 신현욱외 : GMAW 에서 와이어 송급속도의 변동이 아크 안정성에 미치는 영향에 관한 연구, Journal of KWS, Vol.13, No.4, Dec., (1995) pp 340-357