

회전아크를 이용한 필릿 용접부의 끝점 인식

Detection of end point of fillet joint by using rotating arc

유원상*, 나석주*,

* 한국과학기술원 기계공학과

1. 서 론

80년대 이후 인건비의 향상과 경쟁심화로 자동화 및 생산성 향상에 대한 필요성이 꾸준히 제기되는 가운데 조선 분야의 용접은 자동화 및 지능화에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있고 용접장중 80% 가량을 차지하는 수평 필릿 용접을 중심으로 용접선 자동추적 및 용접조건적의 적응 제어 방법 등이 현장에 널리 이용되고 있다. 최근 생산성의 향상을 목적으로 탄뎀(tandem) 용접이나 회전아크를 이용한 고속 용접에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

특히 회전아크의 경우 회전수가 커질수록 작아지는 용입깊이와 평평한 비드로 필릿 용접부에서 각장의 길이를 길게 해 접합강도를 향상시킬 수 있다¹⁾. 또한 위빙을 이용하는 아크센서는 수 Hz의 위빙주파수가 기계적인 한계이지만 중공축을 이용하는 회전아크의 경우 회전 주파수를 수십 Hz 이상이 가능하여 아크의 자기제어 현상이 발생하지 않아서 팁-모재간의 거리에 대한 용접 신호의 변호가 커져서 아크센서 적용시 센서의 민감도가 향상되는 장점이 있다^{2,3)}.

2. 장 모터 중공축을 이용한 회전아크

Fig. 1은 DC 모터의 방전가공을 통해 얻은 중공축을 와이어 송급로로 이용하고 모터의 축에 대해서 토치 팁의 중심을 회전아크의 반경에 해당하는 오프셋을 주어서 회전아크를 발생시키는

장치를 나타낸다.

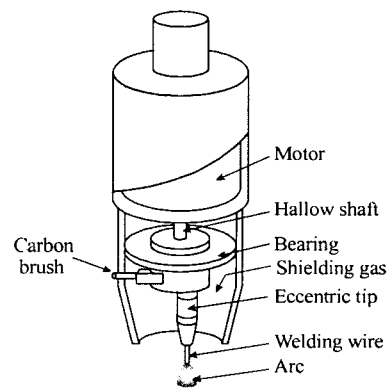


Fig. 1 Schematic diagram of arc rotating mechanism

2.1 정전압 GMAW 용접시스템 모델

Fig. 2는 정전압 GMA 용접시스템의 등가회로를 나타낸 것이다. 용접시의 아크 모델을 위해서 Harmoy의 용융모델을 이용하여 식(1),(2)의 와이어 돌출길이의 변화율과 용접전류의 변화율을 모델링 하였다⁴⁾.

$$\frac{dL_e}{dt} = v_f - v_m = v_f - \frac{AI}{1 - B(L_e / v_f)I^2} \quad (1)$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{V_o - V_{ao}}{L_s + L_p} - \frac{R_s + R_p + R_a + \frac{aL_e}{S}}{L_s + L_p} I - \frac{bSv_f}{I} - \frac{E_a}{L_s + L_p} L_a \quad (2)$$

회전아크의 회전은 식(3)과 같이 모델링된다.

$$\frac{d\theta}{dt} = f_r \cdot 2\pi \quad (3)$$

필릿 용접부의 끝단 전후의 용접 전류 및 아크 길이의 변화를 시뮬레이션하여 끝점 인식을 위한 파라미터를 설정하였다.

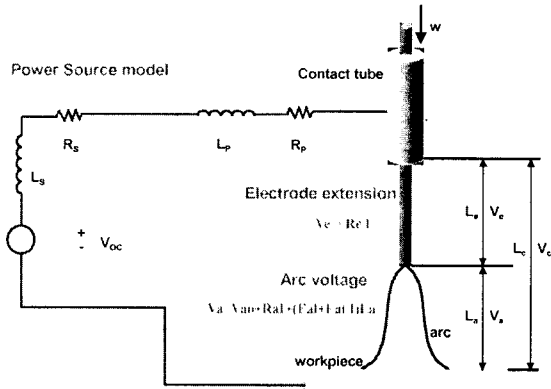


Fig. 2 Equivalent circuit of GMA welding system using CV power source

3. 실험

3.1 실험장치

실험에 이용한 용접시스템은 Fig. 3과 같다. 실험에 이용한 용접기는 OTC사의 600A급 thyristor-DCCP type CO2용접기이고, 3축 테이블을 이용하여 회전토치를 이송하였다. PC에서 D/A converter를 이용하여 용접기 측의 와이어 송급속도와 용접 전압을 정밀하게 설정하였다. 용접 와이어와 용접가스는 DW-100, 1.2D 와이어와 CO2 100%로 현장의 조건과 동일하다.

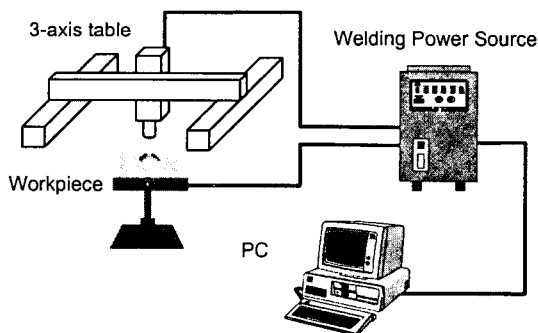


Fig. 3 Schematic diagram of welding for experiments

3.2 실험조건

실험에 적용된 용접 조건은 Table 1에 나타나 있고, 다양한 용접공정 변수하의 특성을 알아보기 위하여 Table 2에서와 같이 용접 전류, 전압, 속도와 회전아크의 회전속도의 4 인자에 대해 3 수준으로 다구찌 방법을 이용하여 9가지 조건의 실험을 각각 2회씩 총 18회의 실험을 실시하였다.

Table 1 Welding conditions

Welder	600A, SCR
Welding Wire	DW100 1.2mm wire
Shielding Gas	CO2 20 l/min
Torch Angle	45 Deg.
CTWD	15 mm
Rotation Diameter	2mm
Base, Stiffener	12t, mild steel

4. 끝점 인식

용접신호의 잡음을 제거하기 위해서 소프트웨어 4계 Butterworth low-pass 필터를 사용하였고 전류 파형 시뮬레이션으로부터 선정된 아래의 6가지 끝점인식용 파라미터에 대해서 끝점 인식 성능을 평가하였다.

1. 전류 파형에서 일정구간의 peak와 valley 갯수
 2. DC 성분
 3. AC 성분
 4. 1 cycle에서 최대값과 최소값의 차이
 5. 1 cycle에서 좌우 전류 적분값의 차이
 6. 전류파형에서 아크회전 주파수 성분의 크기와 회전 주파수의 2배수의 성분의 몫
- 끝점 인식성의 평가를 위해 Fig. 4에서와 같이 끝점 전후의 전류의 평균과 표준편차를 계산하여 식(4)와 같은 파라미터를 설정하였고 평가 결과는 Table 2에 나타나 있다. 끝점인식을 위한 파라미터의 값이 작을 수록 끝점 인식성은 뛰어나다.

Estimation parameter for end point

$$\text{detectability} = \left| \frac{\sigma_{After}}{\mu_{Before} - \mu_{After}} \right| \quad (4)$$

참고문헌

1. Cheolhee, Kim : A study on Automatic Welding by Using Measurement of GMAW Bead Geometry Using Rotating Arc, Ph.D Thesis, KAIST, 2002
2. Norrish, : Advanced Welding Processes, Institute of physics Publishing, Bristol, 1992, pp. 152-154.
3. W. Mao and M. Ushio : Measurement and Theoretical Investigation of Arc Sensor Sensitivity in Dynamic State during Gas Metal Arc Welding, Science and Technology in Welding and Joining, Vol. 2, No. 5, 1997, pp. 191-198.
4. E. Halmoy : Wire Melting Rate, Droplet Temperature and Effective Anode Melting Potential, Arc Physics and Weld Pool Behavior, The Welding Institute, Cambridge, 1980, pp. 49-54

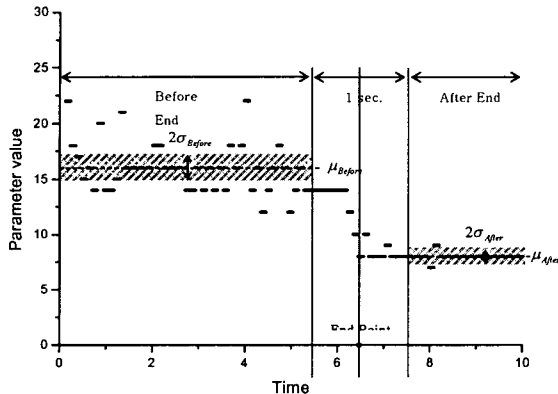


Fig. 4 Parameter value for for end point detectability

Table 3은 총 18회의 실험에 대해서 6개의 끝점 인식 파라미터를 적용한 결과를 나타낸다.

5. 결론

- (1) 회전아크를 이용한 수평필릿 용접시 아크의 파형을 분석하여 끝점인식을 할 수 있다.
- (2) 끝점인식을 위한 파라미터를 평가하기 위해 end point detectability를 정의하고 평가해본 결과 peak와 valley의 개수를 이용할 경우가 가장 좋은 것으로 나오고, 실제 파형에 대해서 끝점인식을 해본 결과도 일치한다.

Table 2 End point detecability parameter values for various parameters

	peak +valley	AC	DC	Max-Min	Difference of area	Ifr/If2r
Estimation parameter for end point detectability	0.085122	0.289539	0.466283	0.365689	0.386756	1.671394

Table 3 Results of end point detection

	peak +valley	AC	DC	Max-Min	Difference of area	Ifr/If2r
Average Delay (Delay : Detected end point-True end point)	0.209667	0.368133	0.401867	0.392333	0.225867	0.729167
No. of fails to detect end point	1	1	1	1	1	3
No. of detected end points before true end point	1	1	4	5	3	4