

CO2 용접에서 Pulsed Current GMAW 의 적정 조건 설정

* 강 덕일, 최 재호, 장 영섭, 김 용석

* 홍익 대학교 금속. 재료 공학과

서울시 마포구 상수동 72-1

1. 서론

많은 중공업 현장에서 접합 기술로서 가장 많이 사용하는 방법이 용접 접합 기술이다. 이러한 용접 방법에서 GMAW 법을 사용하는데 이는 보호가스에 의해 발생하는 아크를 이용하여 용접봉을 모재로 이행시킴으로서 접합하는 기술이다. 여기에서 보호가스의 역할은 아크를 형성할 뿐만 아니라 외부로 부터의 공기 유입을 막는 역할을 한다. 이러한 보호가스로는 아르곤 가스, CO₂ 가스, He 가스등이 사용되고 있는데 실제 현장에서는 가격이 저렴하고 용입이 깊은 CO₂ 가스를 사용하고 있는 실정이다. 그러나 CO₂ 가스를 보호가스로 사용하는 경우에는 스패터의 발생이 매우 많아 용접후 후처리를 행해야 하는 단점을 가지고 있다. 이러한 스패터 발생을 제어하기 위해 전류 파형을 제어하는 방법과 Pulse 형태의 전류 파형을 가지고 제어하는 방법이 제시되고 있다.

본 실험에서는 Pulse 형태의 전류 파형을 이용하여 스패터 발생을 제어하고자 하였는데 이러한 Pulsed Current GMAW 에서는 용접 변수가 새로이 설정되어야 하는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 새로운 용접 변수를 이론적으로 설정할수 있는지를 알아보고 이러한 이론적 접근을 이용한 실험을 통해 스패터 발생 제어의 가능성을 알아보고자 하였다.

2. 실험 방법

본 실험에서 사용된 용접기는 450A 용량의 Multitasking 이 가능한 Inverter type 의 Power supply 를 사용하였고 용접시 인가되는 용접 전류와 용접 전압을 측정하기 위해 용접 전류는 Hall 소자를, 용접 전압은 용접기 단자에서 직접 측정하였다. 그러나 측정된 용접 전류와 용접 전압에 노이즈가 많이 발생하여 이를 제거하기 위해 Cut off frequency 가 10KHz 인 Low pass filter 를 이용하여 이를 컴퓨터에 저장하였고 분석하였다. 또한 각 용접 조건에서의 용적 이행 현상을 관찰하기 위해 Laser 를 이용한 Back Lightening system 을 이용하여 용적이 모재로 이행시에 레이저에 의해 그림자 지는 것을 이용하여 이를 초당 400 프레임의 고속 비디오 카메라를 이용하여 촬영하였다.

이러한 각 조건에서의 스패터 발생량을 측정하기 위해서 동판을 이용하여 스패터 포집기를 제작하였고 각 조건에서 25Cin 를 용접한후 스패터 발생량을 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

가장 안정된 용적 이행이 발생하는 경우에 스패터의 발생이 가장 적게 된다고 알려져 있는

데 본 연구에서는 이러한 안정된 용적 이행을 이룰수 있는 조건을 이론적으로 접근하고 이를 실험을 통해 알아보고자 하였다. 안정된 용적 이행을 이루기 위해서는 두가지 조건이 있는데 첫째는 용접봉에서 용융된 용적이 모재로 이행되어야 하며, 둘째로는 용접봉 송급 속도와 Melting rate 가 같아야 한다. 용접봉 송급속도와 Melting rate 가 동일해야 하므로 다음과 같이 나타낼수 있다.

DCRP mode 에서

$$AWH_{melt} = (\phi_a + V_a + \frac{3}{2}KT/e)I + \frac{s\sigma I^2}{A}$$

$$W = \frac{(\phi_a + V_a + \frac{3}{2}KT/e)I}{AH_{melt}} + \frac{s\sigma I^2}{A^2 H_{melt}}$$

A: Electrode 단면적, W: wire feeding speed

Hmelt: 단위 부피의 용접봉을 녹이기 위해 필요한 열량

ϕ_a : Anode Voltage drop s: stick out σ : Wire resistance

여기서 electrode resistance 가 전류의 변화에 크게 변화하지 않으므로 상수로 뒀을수 있을 것이다.

따라서,

$$W = K_1 I + K_2 s I^2$$

이러한 DCRP mode 에서의 수식을 Pulse 형태의 전류 파형에 적용 가능 하므로 Pulse GMAW 에서의 melting rate 는 다음과 같이 나타낼수 있다.

$$W = \int_0^T W(t)dt = (W_p T_p + W_b T_b) T^{-1}$$

그러나 Pulse GMAW 법에서는 DCRP mode 의 용접 변수와는 달리 새로운 변수들이 설정이 되어야 한다. 따라서 Pulse GMAW 에서는 인가된 Peak current 와 Base current 에 의해 용융되는 것을 나누어 계산을 해주어야 한다.

$$W_p = K_1 I_p + s K_2 I_p^2$$

$$W_b = K_1 I_b + s K_2 I_b^2$$

$$W = K_1 I_m + s K_2 (I_p^2 T_p + I_b^2 T_b) T^{-1}$$

$$I_m = \frac{I_p T_p + I_b T_b}{T_p + T_b}$$

그러나 실제로 Anode voltage drop 을 측정하는 것이 어려움으로 K1,K2 값을 구하기가 어렵다. 따라서 본 실험에서는 DCRP mode 에서 용접봉 송급속도에 따른 용접전류를 측정 한 결과 윗식과 매우 잘 일치하여 실제로 실험한 식에서 K1,K2 를 얻을수 있었다.

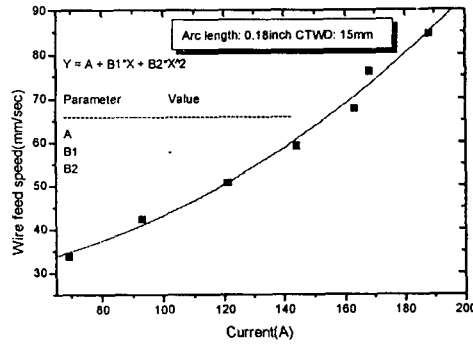


그림 1. DCRP mode 에서 용접봉 송급속도에 따른 용접 전류

또한 Melting rate 를 이용하여 Pulse frequency 를 구할수 있는데 이러한 관계식은 다음과 같다.

$$\frac{v}{T} = WA$$

$$\therefore T = \frac{v}{WA}$$

v : 용적의 부피

그리고 그림.에서 보시는 바와 같이 Peak current 와 Peak current duration time 의 관계가 $I_p^2 T_p = Const.$ 을 알수 있음을 실험을 통해 알수 있었고 이를 이용해 Peak current 를 결정하게 되면 Peak current duration time 이 정해지게 되고 또한 윗식에서 Pulse frequency 를 알수 있으므로 Base current duartion time 을 정할수 있었다.

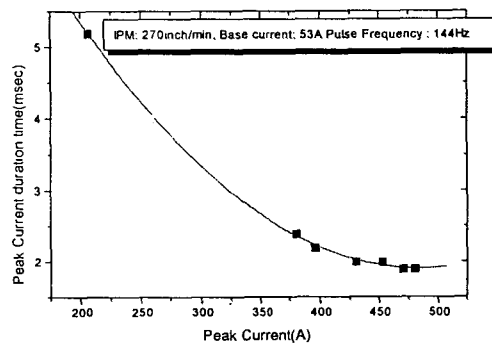
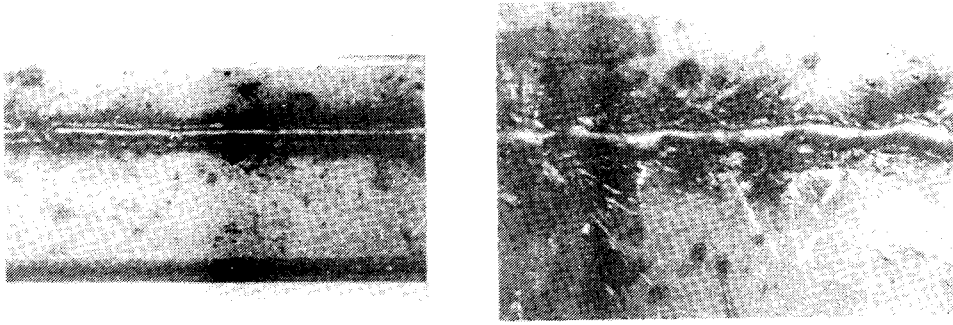


그림 2. Peak current 와 Peak current duration time 의 관계

따라서 본 실험에서는 이러한 이론적인 접근을 통해 Pulsed Current GMAW 에서 설정해줘야 하는 새로운 변수, Peak current, Peak current duration time, Base current, Pulse frequency 를 설정할 수 있음을 알수 있었다. 그리고 이렇게 설정된 조건을 이용하여 용접한 경우의 용접비드

형상은 그림.와 같다. 그림.에서 보는 바와 같이 용접 비드가 매우 깨끗하고 스패터 발생이 거의 없음을 알수 있었다.



(a)

(b)

그림. 용접부 비드 형상. (a) 펄스 인가시 (b) Short circuiting mode

4. 결론

- 1) Anode Voltage drop 을 실험적으로 측정하기 어려워 이를 DCRP mode 에서 용접봉 송급속도에 따른 용접 전류를 측정하여 간접적으로 얻을수 있었다.
- 2) Peak current 와 Peak current duration time 의 관계가 $I_p^2 T_p = Const.$ 임을 실험적으로 알수 있었다.
- 3) 이론적인 접근에 의해 Pulsed current GMAW 에서 새로운 변수, Peak current, Peak current duration time, Pulse frequency 를 구할수 있었다.
- 4) 이론적으로 얻을 조건을 이용하여 용접을 행한 결과 용접 비드가 매우 양호하고 스패터의 발생이 감소함을 알수 있었다.

5. 참고문헌

1. Zin smati “ Automatic pulsed MIG welding”
2. E. Halmφy “ Wire melting rate, droplet temperature and effective anode melting potential”
3. F.Matsuda. “ Metal transfer characteristics in Pulsed GMA Welding”