

CO₂ 아크 용접의 단락이행영역에 있어서 용접파형인자가 용적이행현상에 미치는 영향

Effect of waveforms factors on phenomena of metal transfer in short circuit transfer range of CO₂ arc welding

강문진*, 이목영*, 김용재**, 이세현**

*포항산업과학연구원 설비용접연구팀, 경북 포항시

** 한양대학교, 서울시 성동구

1. 서론

본 연구에서는 CO₂ 아크 용접의 단락이행영역에 있어서 다양한 용접조건 하에서 용접파형이 용적이행현상에 미치는 영향을 규명하고자 한다. 이를 위하여 용접전류 및 아크전압의 파형을 형성하는 인자들과 이들의 표준편차의 거동이 용적이행 현상 및 스파터 발생량에 미치는 복합적 영향이 조사되었고, 이들 인자들과 스파터 발생량 사이의 통계적 분석을 통하여 스파터 발생을 줄이기 위한 파형인자의 기준이 제안되었다.

2. 실험

본 연구에 사용된 실험장치의 구성도를 Fig. 1 에 나타내었는데, 용접공정 전용 robot 와 용접기, 스파터 포집장치 및 용접공정 변수 계측센서, A/D 변환장치 그리고 용접공정변수 해석을 위한 컴퓨터로 구성하였다. 용접변수로는 와이어 송급속도와 용접전압을 이용하였으며, 용접전류와 아크전압이 계측되었다. 용접 공정은 용접전용 로봇과 350A 급 트랜지스터에 의한 인버터 제어형 정전압 용접기를 사용하여 수행하였고 스파터 포집장치는 황동을 사용하여 제작하였다. 스파터 발생량 측정을 위한 용접실험에 있어서, 보호가스는 유량 20 l/min 의 100% CO₂ 가스가 사용되었고, 용접재는 지름 1.2 mm ϕ 의 AWS ER70S-6 가 사용되었다. 사용된 소재는 두께 6mm 의 SS400 이었다. 용접속도로는 5mm/sec 가 설정되었다. 용접조건은 선정은 Table 1 과 같다. 용접방법은 비드 온 플레이트 용접이 실시되었다.

3 단락이행모드에서의 파형인자의 선정

Fig. 2 는 와이어 송급속도를 3.4, 6.0, 7.3, 8.6 m/min 으로 각각 설정하였을 때 CTWD 와 용접전압의 변화에 대한 스파터 발생량의 거동을 나타낸 것이다. Fig. 2 에 따르면, 각각의 와이어 송급속도에 있어서 스파터 발생이 상대적으로 적게 발생하는 어떤 적정전압이 존재함을 알 수 있고, 이 전압을 중심으로 하여 전압이 증가하거나 감소됨에 따라 스파터 발생량이 증가됨을 알 수 있다. 단락이행모드의 용접전류 및 아크전압 파형으로부터 아크 안정성과 스파터 발생량에 영향을 미치는 것으로 일반적으로 알려진 인자들을 12 개 정하였고, Table 1 의 용접조건에 따라 용접이 실시되었을 때, 20 초 동안 수집된 용접전류와 아크 전압 파형으로부터 이들 인자들의 값을 추출하였다. 값이 추출된 인자들(factors)은 단락이행 주기(T), 아크 시간(T_a), 단락 시간(T_s), 단락 최고전류(I_p), 단락순간 전류(I_s), 단락이행 평균전류(\bar{I}) 와 이들의 표준편차이었다.

4. 결과 및 고찰

Lesnewich 는 일정한 아크길이 제어에 있어서 WFR 의 증가와 더불어 용접전류가 증가하고, 용적이 행속도 또한 증가됨을 발견하였고, 따라서 용적의 크기가 작아진다고 생각하였다. Liu 등은 용접전압의 증가와 더불어 용적이행주파수가 최대로 되었다가 다시 감소함을 보이고, 최대주파수에서 용적의 크기가 최소로 됨을 설명하였다. 그러나 이들 결과들에 있어서 파형인자들의 거동과 스파터 발생사이의 기구에 대해서는 여전히 설명이 부족하였다.

4.1 단락이행주기(T)의 영향

Fig. 4 와 Fig. 5 는 각각 WFR 및 CTWD 의 변화가 용접전압의 변화에 따른 용적이행주기, T, 에 미치는 영향을 조사한 것이다. Fig. 4 에서 용적이행주기, T, 는 Fig. 2 의 스파터 발생량의 거동과 매우 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 예를 들어 WFR 이 3.4 m/min 일 때 스파터 발생량이 최소인 22V 근방에서 T 가 최소(약 10msec)가 됨을 보이고 있고(용적의 크기가 작고 이행주파수가 최대로 됨), 이 전압을 중심으로 하여 전압의 증감에 따라 T 는 증가하는 경향을 나타내고 있다(이러한 경향들은 Liu 의 연구결과와 매우 잘 일치함). WFR 이 6.0m/min 인 경우, WFR 이 3.4m/min 인 경우와 유사하였다. 이 때의 적정전압은 약 23V 부근이었으며 적정전압을 중심으로 전압의 증감에 따라 T 가 길어지고, 스파터 발생량도 많이 나타났다. 한편 동일 WFR 에 있어서 CTWD 의 변화가 용적이행주기에 미치는 영향을 살펴보면(Fig. 5), CTWD 의 증가와 더불어 용적이행주기가 길어짐을 알 수 있다.

4.2 단락이행주기의 표준편차(s[T])의 영향

Fig. 6 과 Fig. 7 은 각각 WFR 과 CTWD 가 s[T]에 미치는 영향을 조사한 것이다. s[T]는 단락이행의 규칙성을 나타내는 것으로써, 이 값이 적을수록 아크의 상태가 규칙적이며 용적의 크기가 일정한 크기로 성장, 이행하게 됨을 유추할 수 있다. 그림에 의하면 WFR 에 따라 표준편차가 극소가 되는 전압(적정전압)의 영역이 존재하는데, 이 값들보다 낮거나 높은 전압의 영역에 있어서는 s[T]가 크게 되고, 아크상태가 불안정해지며 단락이행의 주기가 불규칙해진다. 이는 다시 말해서 용적의 크기가 달라질 수 있음을 설명하는 것이며 매우 작은 용적과 매우 큰 용적이 동시에 나타남을 의미한다. 또한 T 의 변동에 의해서 용적의 크기가 달라지기 때문에 스파터 발생량이 증가하게 된다. 이러한 경향은 Fig. 2 의 스파터 발생의 거동과 비교하면 잘 알 수 있다.

6. 결론

CO₂ 아크 용접의 단락이행모드에 있어서 와이어 송급속도와 CTWD 를 다양하게 변화시켰을 때 용접파형인자들이 아크 안정성과 스파터 발생에 미치는 영향을 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 스파터 발생량이 가장 적은 적정전압을 중심으로 전압이 감소하거나 증가할수록 스파터 발생량이 증가한다.
2. 스파터 발생량이 가장 적은 용접조건에서 단락이행주기와 단락이행주기의 표준편차가 가장 적게 되는 경향을 나타내었고, 이 전압을 중심으로 전압이 감소하거나 증가할수록 단락이행주기와 표준편차가 커지는 경향을 나타내었다.

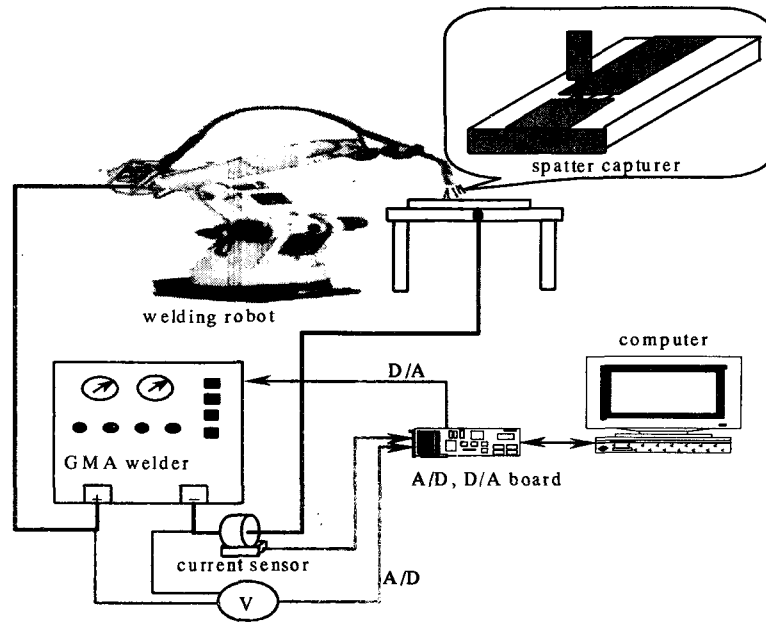


Fig.1 Configuration of experimental set-up

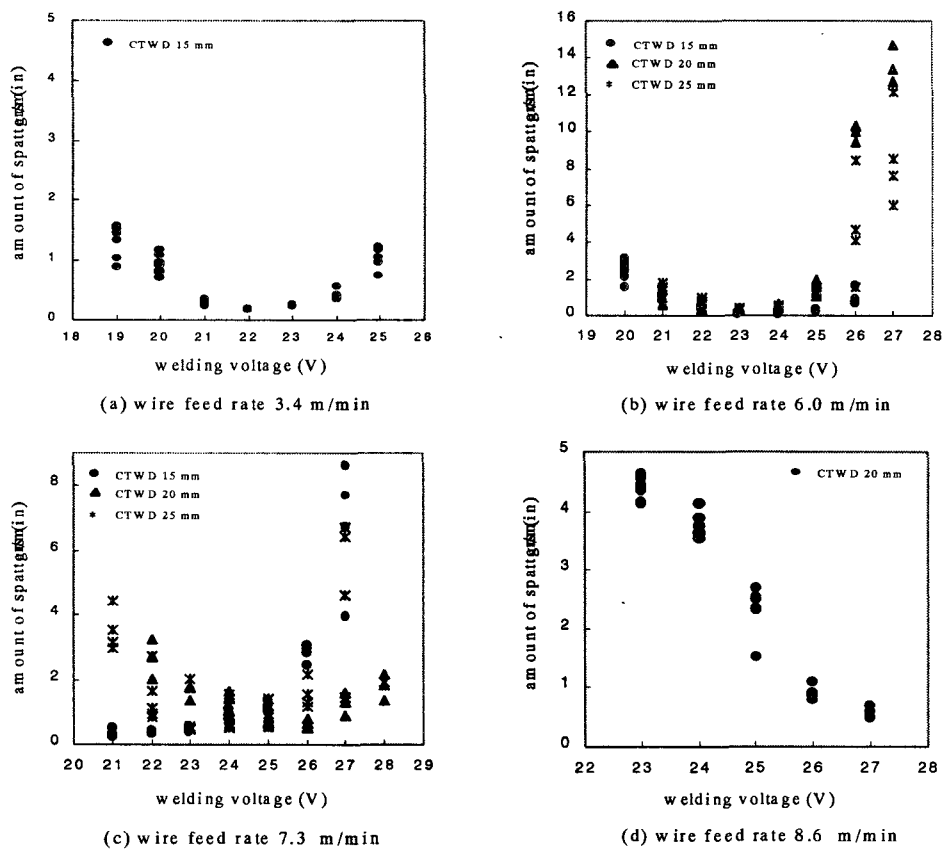


Fig. 2 The characteristics of spatter generation in change of the arc voltage at different wire feed rate

Table 1 Welding conditions and number of experiments per setting condition

Wire feed rate (m/min)	CTWD (mm)	Welding voltage (V)	No. of welding experiment per setting condition
3.4	15	19V ~ 25V	6
6.0	15	20V ~ 26V	6
	15	21V ~ 27V	3
	15	21V ~ 27V	3
	15	21V ~ 27V	3
7.3	20	22V ~ 28V	4
	25	21V ~ 27V	3
	20	23V ~ 27V	6

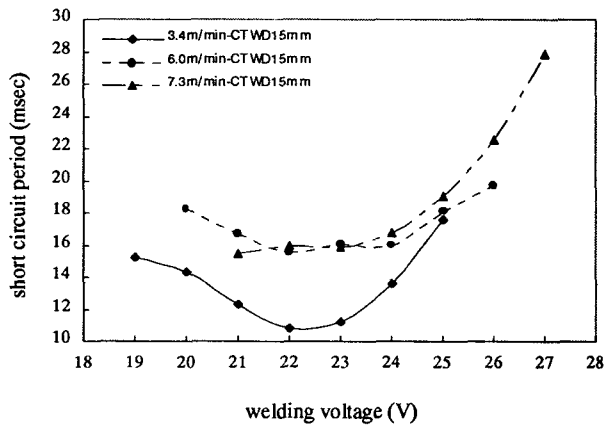


Fig. 3 Effect of wire feed rate on short circuit period

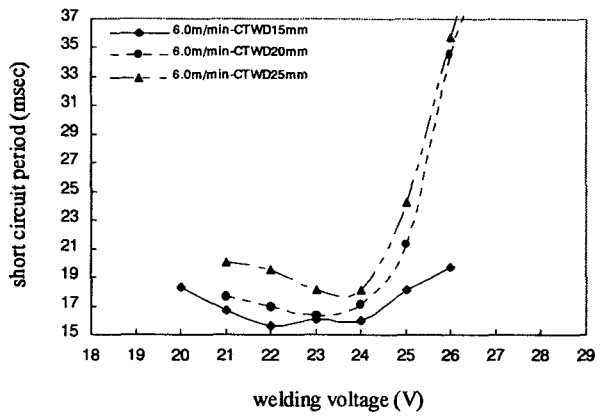


Fig. 4 Effect of CTWD on short circuit period

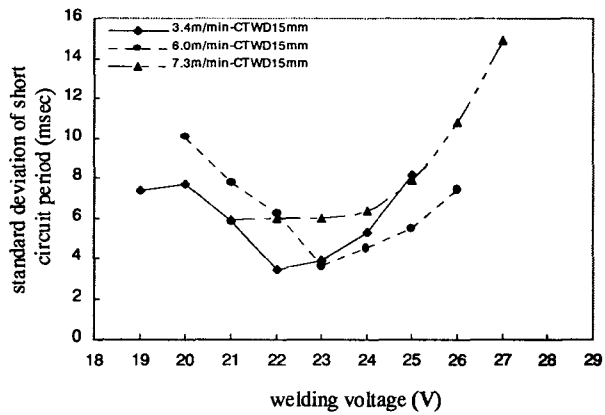


Fig. 5 Effect of wire feed rate on standard deviation of short circuit period

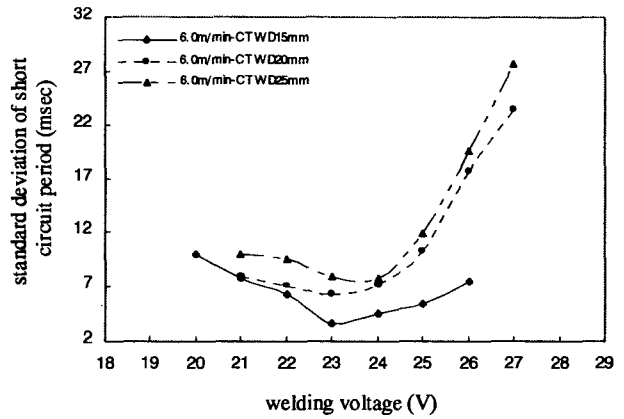


Fig. 6 Effect of CTWD on standard deviation of short circuit period