

GMAW의 최적 단락시간비에 미치는 단락전류 상승지연시간의 영향

Effect on Rise Delay Time of Short Circuit Current influenced by Optimum Short Circuit Time Ratio in GMAW

최규원*, 오동수**, 박대규*, 이창주***, 이현수***, 김영식****, 조상명*****

* 부경대학교 생산가공공학과 대학원, 부산 ** 창원기능대학 플랜트설비자동화과, 창원

*** (주)세일기전, 김해

**** 부경대학교 기계·자동차공학부, 부산

***** 부경대학교 재료공학부 생산가공공학 전공, 부산

1. 서론

CO₂ 용접은 다른 아크 용접보다 품질이 떨어지고 스파터 발생이 많아 부가적인 공정이 추가됨에 의해 연속되는 다른 공정에 시간과 효율을 저하시키는 요인으로 작용하고 있다. 그래서 많은 연구자들은 스파터 발생을 감소시키기 위한 여러 가지 시도들을 행하여 왔다.^{1,3)} 단락이행이 일어나는 전류영역에서의 스파터 발생을 감소시키려는 목적으로 최근에 연구되고 있는 파형제어 기술 중 하나는 단락전류 상승지연시간(Rise Delay Time of Short Circuit Current, 이하 Td라 칭함.)^{1,4)} 제어이다. 그것은 순간단락에 의한 스파터를 감소시킬 목적으로 단락초기에 일정시간 일정한 전류상승을 지연시키는 방법이 적용되고 있다. 이는 단락형성 직후에 일정시간동안(Td) 전류의 상승을 억제하거나 또는 전류를 낮추어 주게 되면, 순간단락이 해소되는 순간 아크 재 점호 스파터를 감소시킬 목적으로 제어되고 있다. 최근까지의 연구는 CO₂용접에서 Td가 스파터 발생에 미치는 영향^{1,5)}에 관한 것이 대부분이며, Td와 최적 단락시간비의 영향에 관한 연구는 없었으므로 단락시간비에 대한 연구가 필요하다. 본 연구의 목적은 CO₂ 용접의 단락이행이 일어나는 저전류와 중전류 영역에서 최적 단락시간비에 미치는 Td의 영향을 규명하는 것이다. 그것을 위하여 Td 값을 변경시켜 가며 스파터 발생량을 측정하였으며, 최적 단락시간비에 미치는 단락전류 상승지연시간의 영향에 대한 연구를 수행하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

본 실험은 한쪽 표면을 밀링가공한 SS400의 길이 400mm, 폭 50mm, 두께 6mm에 저전류 영역인 150A(CTWD 15mm), 중전류 영역인 250A(CTWD 18mm), 용접속도는 60cm/min로 30초간 3회씩 비드 놓기 CO₂용접을 실시하여 스파터를 포집하였고, 용접파형은 아크 모니터링 시스템(WAM 4000N)으로 계측 하였다. 본 실험에서는 Td변화에 따른 최적 단락시간비를 평가하기 위해서 각 전류영역에서 Td 제어가 들어가지 않는 0msec를 기준으로 Td를 0.4msec, 0.8msec, 1.2msec까지 변화를 주었으며 각각의 Td 값에 따라 전압을 변화시켰다. 용접 와이어는 KS YCW11, 직경 1.2mm 솔리드 와이어를 사용하였고, 실드 가스로 CO₂100%를 사용하였다. 실험에 사용한 용접기는 국내 S사가 개발한 단락상승 지연시간제어가 가능한 350A 인버터/CO₂ 용접기를 사용하였다. 스파터의 무게는 100mesh(200 μ m)체를 사용하여 스파터의 분진을 제거한 후 전자저울에 의해 측정하였다. 용접 파형에서 단락시간비의 계산은 전체 파형 중 10초간 일정한 구간에 대해 실시하였다. Table 1에 용접조건을 나타내었다.

3. 실험 결과 및 고찰

Fig.1 (a), (b)는 출력전류 150A에서 Td 변화에 따른 단락시간비와 스파터 발생량의 관계를 나타낸 것이다. Td 변화에 따라 단락시간비가 20~25% 영역에서 스파터 발생량이 최저를 나타내었으며, Td 변화에 따라 극소점이 존재하는 일정한 경향을 보였다. 이는 전형적인 단락이행 영역에서는 최적의 단락시간비가 20~25%임을 나타내었고, 이 결과는 Vorouin등이⁶⁾ 제안한 연구결과와 동일한 수준임을 알 수 있었다. 또한 Td 변화에 의해 단락시간비와 스파터 발생량의 극소점이 존재하므로 출력전류와 Td변화에 따른 최적의 출력전압이 존재하고 있음을 알 수 있었다. 그리고 Td가 증가할수록 최적의 출력전압이 상승하는 경향을 보였다. 이것은 Td가 증가할수록 전류가 낮아져서 단락이 오래 유지되고 핀치력이 약해지기 때문에 전압 또한 낮아진다. 그래서 아크길이는 짧아지고 장기간

락이 많아지므로 아크가 불안정해 질 수 있다. 이러한 아크 불안정을 해소시키기 위해서 Td가 증가할수록 출력전압을 상승시켜야 된다고 판단된다. 또한 저전류 영역에서 최적 전압의 범위를 벗어나는 영역에서는 Td 값이 길어질수록 아크가 불안정해져서 단락시간비가 증가하고 스패터 발생량이 증가하였다. 이것은 저전류 영역에서 최적의 조건을 벗어나는 경우 아크가 불안정해질 수 있다는 것을 의미하므로 용접조건 설정 시 Td값을 짧게 하도록 고려해야 한다. Fig.2는 중전류 영역인 250A에서의 단락시간비와 스패터 발생량의 관계이다. 150A에 비해 스패터 발생량은 Td에 의존하는 경향을 보였다. 하지만 저전류 150A에서와 같이 극소점을 보이는 경향은 없었고, 특히 단락시간비가 40%까지 에서도 스패터 발생량이 줄어들었다. 이는 용접기 전원의 독특한 파형 제어 특성으로 장기 단락으로 인한 아크 불안정을 해소하기 위한 DPC(Deposition Preventive Current)¹⁾ 주파수를 높여주는 효과에 의한 것과 순간단락에 의한 대립의 스패터 발생을 방지하기 위해 Td 이후 단락전류 상승 기울기를 급격히 상승시키는 제어에 의한 우수한 효과라고 판단된다. 이러한 특성으로 중전류 250A의 영역의 낮은 전압 구간에서 단락시간비가 증가하여도 스패터 발생량을 억제시킬 수 있으므로 중전류 저전압영역에서 단락이행을 촉진시킬 수 있게 되어 박판의 고속 용접이 가능할 것으로 판단된다. Fig.3 (a), (b)는 250A에서 저전압과 중전압 구간에서의 파형 제어를 나타내고 있다. Fig.4는 150A, 250A에서 Td 변화에 따른 최저 스패터 발생량과의 관계를 나타낸 것이다. 150A에서는 Td를 적용하지 않는 경우와 Td를 적용하는 경우의 스패터 발생차이가 현저하지 않고, Td가 0.4msec보다 커지면 스패터가 다소 증가하는 경향을 보였다. 250A에서는 Td를 적용하면 스패터 발생량의 차이가 현저하게 감소하였고, Td=0.8~1.2mse에서 최저의 스패터 발생량이 나타났다. 이는 저전류 영역 150A에서는 정상단락이 주로 발생하므로 Td의 영향을 거의 받지 않고 있으나, 중전류 영역 250A에서는 순간단락이 많이 발생하므로 Td의 변화가 순간단락을 현저히 감소시키는 효과를 발휘하여 대립의 스패터 발생을 억제시키기 때문이다.

4. 결 론

GMAW의 단락이행 영역에서 최적 단락시간비에 미치는 단락전류 상승지연시간 영향에 대한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

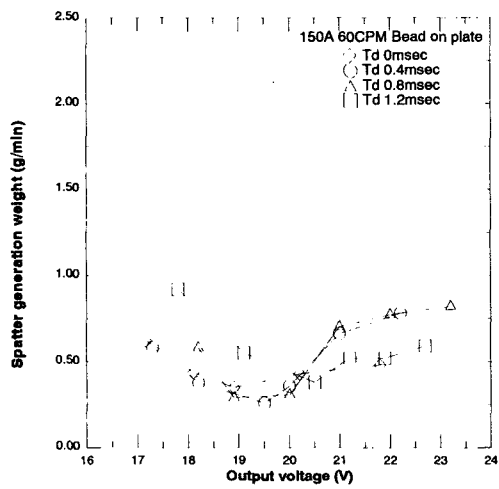
- 1) 저전류 영역인 150A에서는 출력전압과 단락시간비에 따른 스패터 발생량의 극소점이 나타났고, Td 변화에 따른 최적의 단락시간비는 20~25% 이었다.
- 2) 중전류 영역인 250A에서는 저전압에서도 DPC 주파수를 높게함에 따라 아크 불안정으로 인한 스패터가 그다지 많아지지 않기 때문에 단락시간비가 20~40%까지 증가하여도 스패터 발생량은 감소하는 경향을 보였다.
- 3) 저전류 영역인 150A에서는 Td를 적용하지 않은 경우나 Td를 적용한 경우의 스패터 발생량의 차이는 현저하지 않았고, Td=0.4msec에서 극소점을 보였으며, 중전류 영역인 250A에서는 Td를 적용하면 스패터는 현저하게 감소 하였고, Td=0.8~1.2msec에서 최저의 스패터 발생량으로 되었다.

참 고 문 헌

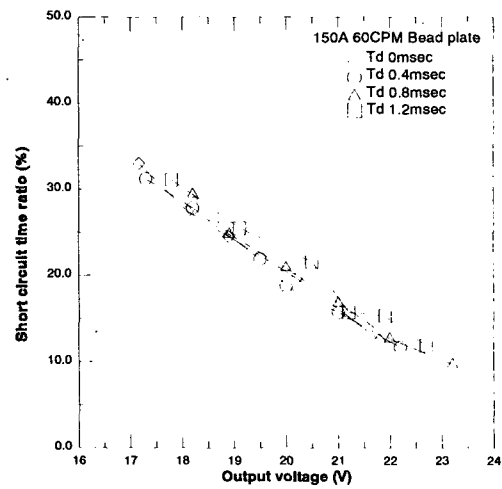
- 1) T. Mita : Waveform control method in CO₂ gas shielded arc welding, Quarterly Journal of the Japan Welding Society, Vol. 6, No. 2(1988), p209.
- 2) H. Yamamoto : Recent advances in welding power systems for automated welding, J. of Japan Weld. Soc., Vol. 64, No. 6, p457(1994)
- 3) 강성구, 문형순, 나석주 : 스패터 양을 이용한 아크 판별에 관한 연구, 대한용접학회지, 제15권, 제6호, p41~48(1997)
- 4) 김희진, 김용석: CO₂용접의 용접 스패터 저감을 위한 용접전류 파형제어 개념, 대한용접학회지 제16호 제3권, 1998, p18~p28
- 5) 김희진, 이창한 : CO₂용접에서 용접전원에 따른 스패터 발생량의 차이, 대한용접학회지 제17호 제4권, 1999, p16~p21
- 6) Vorouin, R. and Goloshchapov, S : Evaluating thin wire gas-shielded arc welding process, Svar. Proiz, 1969 No.9, p28~p31

Table 1 Welding condition of experiment

Welding current (A)	150	250
Welding voltage (V)	17~23	22~26
CTWD (mm)	15	18
Td (msec)	0, 0.4, 0.8, 1.2	
Welding speed (cm/min)	60	
Welding wire	KS YCW 11, Φ 1.2 solid wire	
Shielding gas	CO ₂ 100%, 20 l/min	
Torch angle	90°	

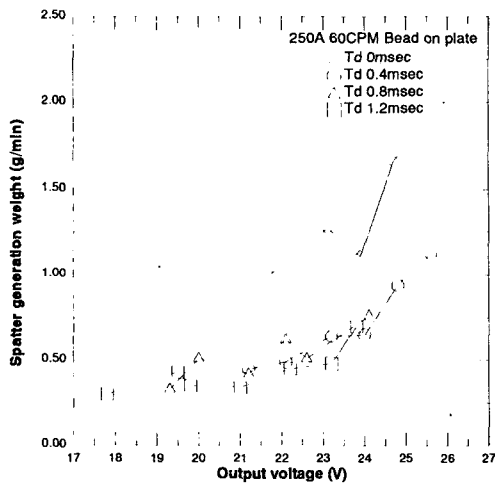


(a) Spatter generation weight

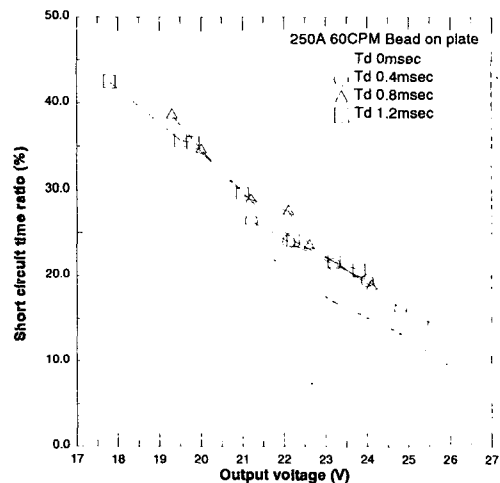


(b) Short circuit time ratio

Fig. 1 Spatter generation weight and short circuit time ratio as various Td (150A)

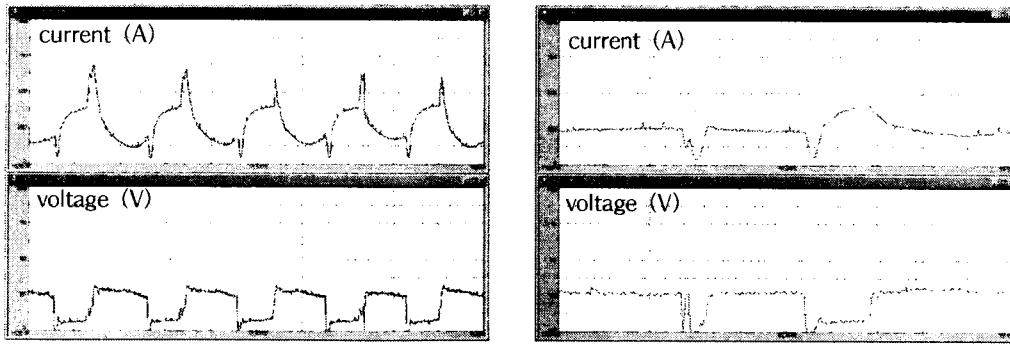


(a) Spatter generation weight



(b) Short circuit time ratio

Fig. 2 Spatter generation weight and short circuit time ratio as various Td (250A)



(a) Low voltage (18V)

(b) Middle voltage (24V)

Fig. 3 Waveform for low voltage and middle voltage in 250A

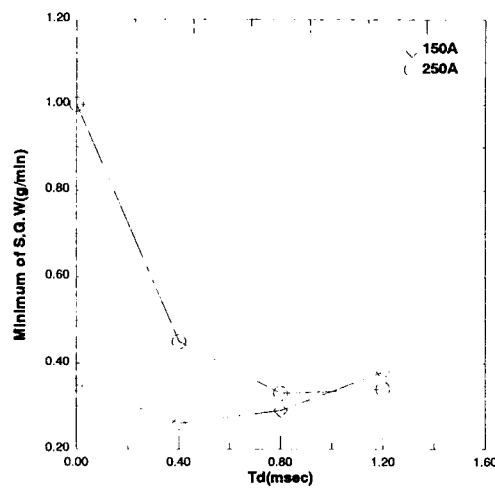


Fig. 4 Relation between Td and minimum of spatter generation weight (150A, 250A)