

중·대전류 GMAW에서 혼합가스 조성비가 스패터 발생에 미치는 영향

Effect of Mixed Gas Composition ratio in Middle and High Current GMAW on Spatter Generation

오 동수*, 김 영식**, 이 광원***, 조 상명****

*창원기능대학 산업설비과, 창원, **부경대학교 기계·자동차공학부, 부산

모니텍코리아 대표, 부산, *부경대학교 재료공학부 생산가공공학전공, 부산

1. 서론

GMAW는 솔리드(solid) 와이어를 소모전극으로 하고, 보호가스를 사용하는 용접법으로서, 보호가스의 종류에 따라 CO₂용접, MAG용접, MIG용접 등으로 분류하기도 한다. 중·대전류 CO₂용접에서 스패터 발생의 문제는 반발이행(repelled transfer)이라고 하는 CO₂용접의 고유특성에 기인하며, 스패터 발생량은 천이이행 조건인 250A~300A 범위에서 최대치를 보여주고 있다¹⁾. 이러한 스패터 발생의 문제는 스패터 제거를 위한 작업공수 증가 및 자동용접기의 가동을 저하 등을 초래시키므로 이를 해결하기 위한 노력이 많은 연구자들에 의해 계속되어 오고 있다²⁻⁴⁾. 천이이행 조건이란 단락이행에서 입적이행으로 천이 되는 과정에서 전체단락횟수와 정상단락횟수는 감소하지만, 순간단락만은 천이과정에서 최대치를 기록하여, 순간단락이 천이이행 모드를 대표하는 특성이면서 천이이행 모드를 정량화 할 수 있는 지표로 삼을 수 있다⁵⁾고 보고하고 있다. 그러나, 평균 단락 횟수가 6~15회/sec인 경우를 천이이행 모드로 정의⁵⁾ 하여 정상 단락횟수만을 가지고 논함으로써 순간단락 횟수가 무시되고 있어서 재검토의 요지가 있다.

본 연구에서는 중·대전류 영역의 GMAW에서 혼합가스 조성비가 스패터 발생에 미치는 영향을 규명하고, 각 용접조건에 따른 스패터 발생량과 파형 인자와의 관계를 검토하고자 새로운 인자를 도입하여 분석하고, 천이이행 모드의 정의를 위해 순간단락 횟수를 고려하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

본 연구에 사용된 용접전원은 인버터 제어형 350A급 용접기이고, 유량은 20 l/min, 토치는 모재와 90°가 유지되도록 하였다. 용접재료는 직경 1.2mm의 AWS ER 70S-G(KS규격 YGW15)의 제품을 사용하였으며, 실험에 이용된 실드가스는 CO₂가스, Ar가스, 및 CO₂가스와 Ar의 혼합가스를 사용하는 조건이었다. Table 1의 조건으로 250mm 정도의 bead-on-plate 용접을 실시하면서, 아크모니터링 시스템을 써서 용접전류, 전압 파형을 측정하고 통계적 처리를 하여 단락 시간비, 단락횟수 등을 계산하였다. 각 조건에서 30초간 3회를 용접하면서 전자저울을 이용하여 직접 스패터 발생량을 측정하여 평균값을 구한 후 1분간 발생된 스패터량으로 환산하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 용접전류에 따른 스패터 발생량

중·대전류 영역에서 용접전류가 증가할수록 스패터 발생량은 Fig. 1과 같이 감소하였고, CO₂가스 조성비가 많아질수록 스패터 발생량은 Fig. 2와 같이 증가하는 경향을 보였다. CO₂용접의 경우 240A에서 최대 값을 기록하였고, 동일 전류 영역에서 MAG 용접의 경우 CO₂ 용접에서 발생된 스패터 발생량의 약 1/4정도 수준이었다.

3.2 단락시간비에 따른 스패터 발생량

중·대전류 영역에서 용접전류가 증가할수록 단락시간비는 Fig. 3과 같이 직선적으로 감소하였다. 동일전류 조건에서 Ar가스 조성비가 많아질수록 단락시간비는 낮아지는 경향을 보였으며, 단락시간비가 증가함에 따라 스패터 발생량은 Fig. 4와 같이 증가하였다. CO₂ 용접의 경우 전류가 높아질수록 단락시간비가 낮아지는 경향으로 보아 중·대전류 영역에서 단락이행과 입적이행의 혼

Table 1 Welding condition used in experiment

| Welding current(A) | Welding voltage(V) | Mixtures of Ar%/CO ₂ % | CTWD* (mm) | Welding speed (mm/min) | Wire type |
|--------------------|--------------------|-----------------------------------|------------|------------------------|-----------|
| 240 | 26 | 100/0 | 15 | 360 | YGW15 |
| 260 | 28 | 80/20 | | | |
| 280 | 29 | 60/40 | | | |
| 300 | 30 | 40/60 | | | |
| 340 | 33 | 20/80 | | | |
| | | 0/100 | | | |

* CTWD: Contact Tip to Work Distance(mm)

합이행을 보이다가 입적이행으로 천이 되어 감을 단락시간비(%)를 통해서 알 수 있었다. MAG 용접의 경우 260A에서 단락시간비가 거의 0에 가까워지고, 스파터 발생량도 0에 가까워지는 것으로 보아 260A에서 완전히 스프레이 이행으로 천이 되었음을 알 수 있다. 이러한 관점에서 단락시간비라는 새로운 인자를 적용하여 스파터 발생량을 정량화할 수 있음을 알 수 있었다.

3.3 순간단락 횟수비에 따른 스파터 발생량

천이이행 영역에서 전체단락횟수와 정상단락은 감소하지만, 순간단락이 최대치를 기록한다⁵⁾는 것에 착안하여, 순간단락횟수가 천이영역에서 스파터 발생량에 큰 영향을 작용한다고 보고하고 있다¹⁾. 본 연구에서는 순간단락 횟수비(=순간단락횟수/총단락횟수, 이하 순간단락 횟수비)라는 새로운 인자를 이용하여, 이것이 스파터 발생량에 어떠한 영향을 미치는가를 검토하였다. Fig. 5와 같이 용접전류가 증가할수록 가스 전조성에서 순간단락 횟수비는 증가하다가 결국 1이라는 값에 수렴하고 있다. 또한 순간단락 횟수비가 증가할수록 Fig. 6과 같이 스파터 발생량은 감소하였다. MAG 용접의 경우 240A에서 순간단락 횟수비가 0.67을 보이고, 그 이상의 전류에서는 거의 1에 수렴하였는데, 이것은 단락시간비에서 설명한 것과 같이 260A에서 거의 스프레이 이행으로 천이 되었음을 의미한다. CO₂ 용접의 경우 순간단락 횟수비가 0.41~0.76에 걸쳐 나타났으며, 본 실험을 행한 전류영역에서는 완전한 입적이행으로 천이되지 못했다고 판단된다.

3.4 천이이행 영역에 대한 고찰

앞에서 검토한 바와 같이 단락시간비(%)와 순간단락 횟수비는 스파터 발생량을 특정 지을 수 있는 인자로 볼 수 있으며, 이것은 천이이행 모드를 정량화 할 수 있는 지표가 될 수 있음을 의미한다. 본 실험의 결과를 보면 천이이행 영역이라고 판단되는 구간은 단락시간비가 4~10%정도의 범위로 판단되며, 단락시간비가 10% 이상인 경우는 단락이행 구간으로, 단락시간비가 4% 이하인 경우는 자유이행(free flight metal transfer)구간으로 정의할 수 있다.

순간단락 횟수비라는 관점에서 천이영역 이라고 판단되는 구간은 순간단락 횟수비가 0.4~0.8정도로 보이며, 0.4이하의 단락이행 구간으로, 순간단락 횟수비가 0.8 이상인 경우 자유이행(free flight metal transfer)으로 정의할 수 있다.

4. 결론

중·대전류 GMAW에서 혼합가스 조성비가 스패터 발생에 미치는 영향에 관련하여 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1). 용접전류가 증가할수록 스패터 발생량은 감소하는 경향을 보였고, CO₂ 가스 조성비가 많아질수록 스패터 발생량은 증가하는 경향을 보였다.
- (2). 용접전류가 증가할수록 단락시간비는 감소하며, 같은 전류에서 Ar 가스 조성비가 많아질수록 단락시간비는 낮아지는 경향을 보였으며, 단락시간비가 증가함에 따라 스패터 발생량은 증가하였다.
- (3). 용접전류가 증가함에 따라 순간단락 횟수비는 증가하다가 1에 수렴하는 경향을 보였으며, 순간단락 횟수비가 증가할수록 스패터 발생량은 감소하였다.

참고문헌

1. 강봉용, 김희진 : CO₂용접의 스패터 발생에 미치는 용적이행 모드의 영향, 대한용접학회지, 제 15권, 제2호(1997), pp.140~148
2. G. Adam and T. Siewert : Sensing of GMAW droplet transfer modes using ER100S-1 electrode, Welding Journal, Vol.69, No.3(1990), pp103s-108s
3. W. Wang, S. Liu and J. E. Jones : Fluxcored arc welding; Arc signals processing and metal transfer characterization, Welding Journal, Vol.74, No.11(1995), pp369s-377s
4. B. Ogunbiyi and J. Norrish : GMAW metal transfer and arc stability assessment using monitoring indices, Computer Technology in Welding, Six International Conference, Lanaken, Belgium, (9-12 June, 1996)
5. 강봉용, 이창한, 김희진, 장희석 : CO₂용접의 천이이행 조건에서 스패터 발생과 파형인자와의 관계, 대한용접학회지, 제16권, 제4호(1998), pp. 39~46

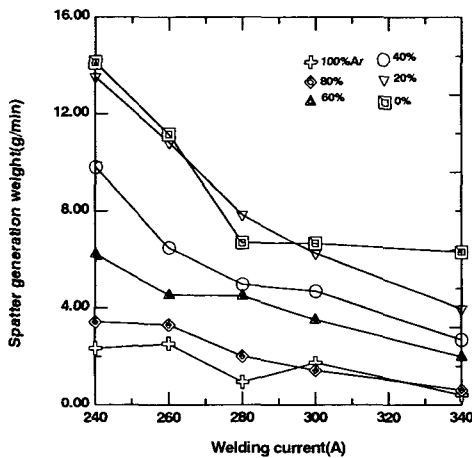


Fig. 1 Welding current and Spatter generation weight on gas composition rate.

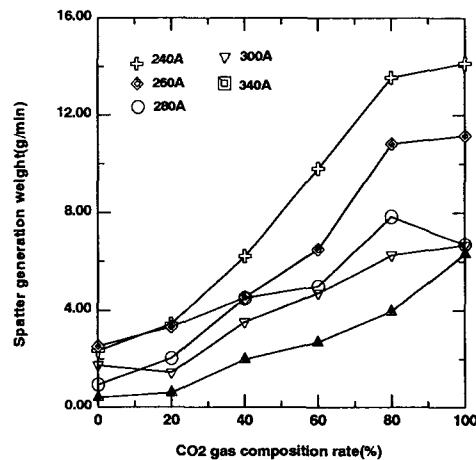


Fig. 2 CO₂ gas composition rate and spatter generation weight on middle and high current range.

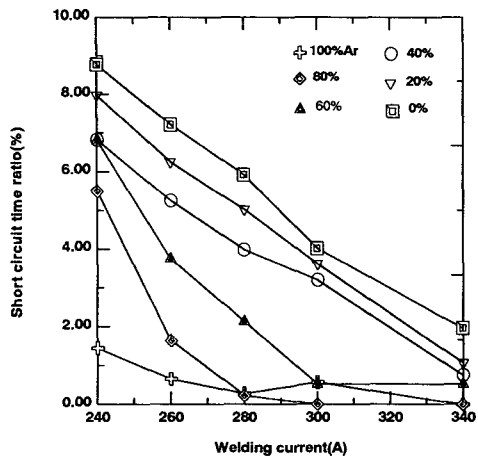


Fig. 3 Welding current and short circuit time ratio on gas composition rate.

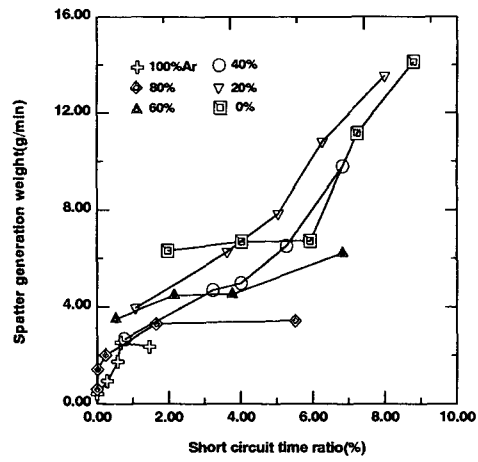


Fig. 4 Short circuit time ratio and spatter generation weight on gas composition rate.

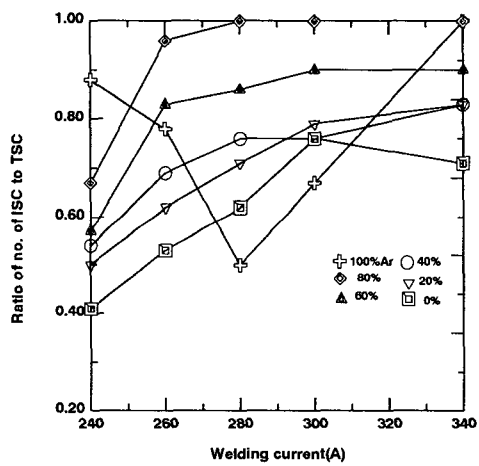


Fig. 5 Welding current and ratio of no. of ISC to TSC on gas composition rate.

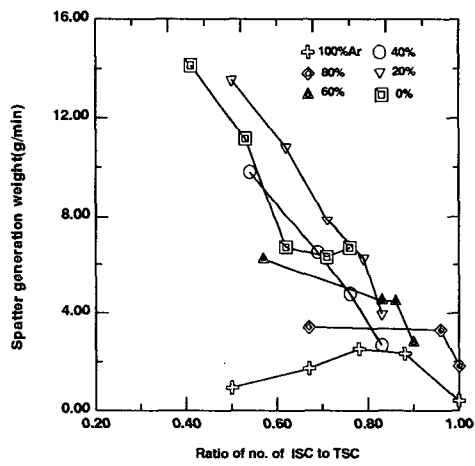


Fig. 6 Ratio of no. of ISC to TSC and spatter generation weight on gas composition rate.