

CO₂ 고속용접에서의 파형제어에 관한 연구

Study of Waveform Control in the High Speed CO₂ Welding

유 회수*, 김 남훈*, 김 회진*

* 한국생산기술연구원

1. 서 론

CO₂ 용접은 다른 용접에 비하여 와이어와 보호가스의 가격이 저렴하기 때문에 재료비 측면에서 매우 경제적이라는 장점이 있다. 그러나 CO₂ 용접은 타 용접에 비해 스패터 발생량이 많다는 문제점이 있었으나, 최근 파형제어 기법의 개발로 스패터 발생량을 SCR용접기에 비하여 80% 이상 향상된 인버터 용접기가 개발되었다.¹⁾ 그러나 실제 자동화 생산라인에서의 수요자들은 스패터 저감용 용접기 보다 고속용접기를 선호하고 있다. 즉 생산설비의 증설보다는 생산성을 향상시키는 것이 원가절감에 더 유리하기 때문이다.

일본 Y사의 Okamura²⁾에 의하면 STC 제어 기법을 이용하여 4.5m/min의 초 고속용접기를 개발하였다. STC 제어 기법은 단락기간동안 파형을 4가지로 구분하여 제어하는 것으로, 단락의 불안정성 제어, 전류 상승기울기 제어, 아크 재생시 아크 폭발제어, 아크시 용적 형성과 모재의 용융제어로 구성되어 있다. Mita³⁾는 단락시 리액턴스를 적게 변화시켜 4m/min의 용접속도로 용접이 가능하도록 하였다.

국내에서도 고속용접기의 개발이 시급하나 이에 대한 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고속용접시 나타나는 문제점에 대하여 용접파형과 고속영상을 통하여 분석하고, 고속용접이 가능하도록 파형제어 기법을 개발하고자 하였다.

2. 고속용접을 위한 파형제어 개념

CO₂ 고속용접에서의 제어가 없을 경우 장기단락과 아크 끊김 및 장기아크와 순간단락이 발생하여 비드가 고르지 못할 뿐만 아니라 비드가 형성되지 않는 곳도 발행한다. 따라서 본 연구에서

의 파형제어는 단락을 빨리 해소시키고, 장기아크를 해소하여 일정한 단락 주기가 될 수 있도록 제어하였다. 그림 1은 고속용접을 위한 파형제어 개념이다. 그림 1의 ①은 단락시 전류상승 기울기를 높여 단락을 빨리 해소시키고 장기단락에 의한 아크 끊김을 방지 하였다. 그림 1의 ②는 아크 재발생후 아크 기간중 일정시간 후에 전류를 감소시킴으로서 단락이 빨리될 수 있도록 하였다.

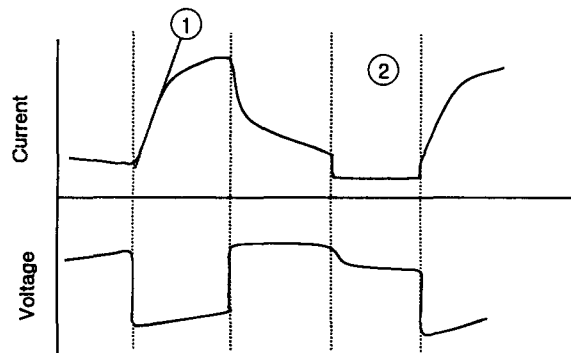


Fig. 1 Concept of waveform control for high speed welding.

3. 실험방법

본 연구에 사용된 용접전원은 500A급의 인버터 용접기로서 국내 S사에서 제조된 것을 사용하였다. 용접 실험에 사용된 용접재료는 직경 1.2mm의 CO₂용접용 와이어(KS 규격: YGW11)를 사용하였다. 용접은 13mm 두께의 연강 판재 위에 비드놓기(bead-on-plate) 용접을 실시하였다. 와이어 송급속도는 3.7m/min과 5.5m/min의 두 가지 조건으로 하였으며, 용접속도는 2~3.5 m/min로 하였다. 용접파형 측정은 20kHz의 샘플링 속도로 5초 동안 측정하였다. 또한 용접현상을 보기 위하여 디지털 고속카메라와 파형을

동기화시켜 동시에 측정하였으며, 촬영속도는 4,000 frame/sec 이었으며, 셔터속도는 1/16,000sec 이었다. 그리고 동기화된 이미지와 파형은 자체 개발한 프로그램에서 동시에 볼 수 있도록 하였으며, 동영상도 제작할 수 있도록 하였다.

용접파형 제어 장치는 그림 2에 나타낸 바와 같이 MiCom을 이용하여 AD컨버터로부터 용접 전압을 검출하고, 상황에 맞추어 용접기 자체의 PWM 제어를 D/A 컨버터로 가감산하여 조절할 수 있도록 하였다. 또한 전류를 급격히 줄일 수 있도록 와이어 송급장치 이전에 TR과 저항을 설치하여 MiCom의 D/I 출력으로 TR을 on/off 제어할 수 있도록 하였다.

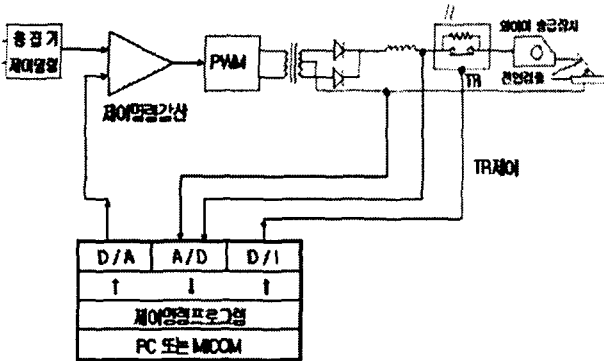


Fig. 2 Equipment of waveform control for high speed welding.

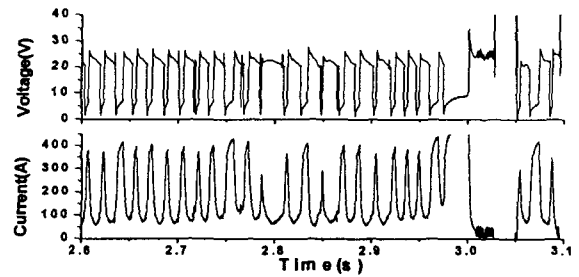
4. 결 과

4.1 무제어에 의한 고속용접

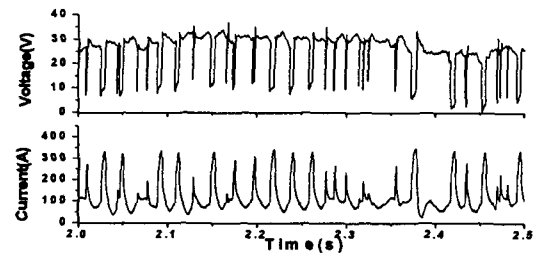
그림 3은 S사 용접기 자체의 단락시 전류를 급격하게 상승되도록 아크특성을 조절하여 2m/min의 용접속도로 용접한 비드모양과 파형을 나타내었다. 그림 3의 (a)에서 보는 바와 같이 와이어 송급속도가 3.7m/min일 경우 단락이 주기적으로 잘되는 구간이 존재하나 장기단락이 발생하고 이를 해소하는 시점에서 아크 끊김이 발생하였다. 이로 인하여 비드가 형성되지 못하는 구간이 자주 발생하였다. 와이어 송급속도를 5.5m/min으로 용접한 결과 그림 3의 (b)처럼 아크 끊김은 해소되었으나 순간단락이 발생하여 오목 비드를 형성시킨다. 이는 용접전류를 높일 경우 아크력에 의하여 단락이 순조롭게 이루어지지 못하고 순간단락을 발생시켰기 때문이었다. 이때

순간단락 발생 또는 장기 아크로 인하여 와이어 선단의 용적이 크게 되고 용적이행이 일어나지 못하여 비드 폭이 좁아지게 되며, 다음으로 거대한 용적이 이행되어 비드가 불룩하고 커지게 된다. 따라서 고속용접시 오목/불룩 비드가 주기적으로 발생하여 건전한 용접이 되지 못하였다.

용접속도를 3m/min이상으로 용접하였을 경우 거의 용접이 되지 못하였다.



(a) wire feeding rate: 3.7m/min



(b) wire feeding rate: 5.5m/min

Fig. 3 Welding bead and waveform without control at welding speed 2m/min.

4.2 파형제어된 고속용접

그림 4는 2m/min의 용접속도에서 그림 1의 파형제어를 통하여 용접한 비드모양과 파형이다. 단락주기가 그림 3에 비하여 매우 규칙적으로 되었다. 그리고 그림 3에 비하여 비드모양 또한 미려하였다. 본 연구에서 제안된 파형제어 개념을 통하여 송급속도가 3.7m/min에서 용접속도가

3.5m/min의 고속용접이 가능하였다. 그러나 전류가 높아질수록 아크력에 의하여 고속용접이 불가능하였지만, 파형제어가 정밀하게 제어된다면 4m/min이상의 용접이 가능할 것이다.

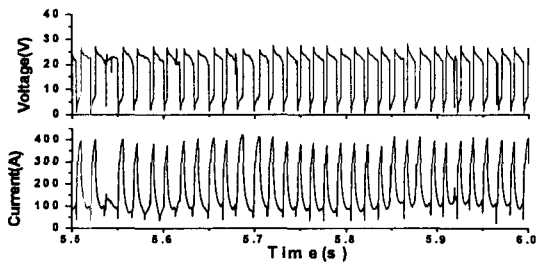
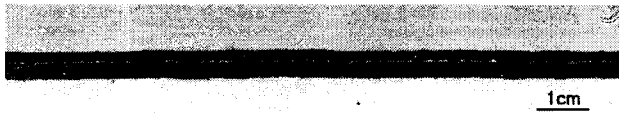
3) 고속용접은 단락시 전류상승 기율기 조절로 단락을 빨리 해소시키고 아크발생기간 중 빠른 단락을 유도하여 장기아크를 해소시킴으로써 가능하였다.

후 기

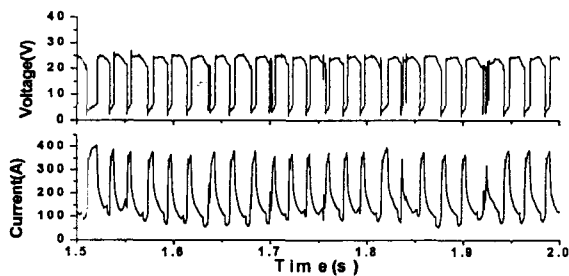
본 연구는 산업자원부의 청정생산기술사업에 의해 지원되었으며, 실험을 도와준 김영삼 군과 서금희 양에게 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Hee Jin Kim, Hoi Soo Ryoo and Bong Young Kang : Application of Waveform Control Technology in GMA Welding, Journal of KWS, 21-1 (2003) (in Korean)
2. K. Okamura : Ultra High-speed Arc Welding(4m/min), Industrial Robot, 25-3 (1998), 185-192
3. T. Mita : Progress of Arc Welding Technologies, 69-3 (2000) 6-12 (in Japanese)



(a) wire feeding rate: 3.7m/min



(b) wire feeding rate: 5.5m/min

Fig. 4 Welding bead and waveform with control at welding speed 2m/min.

5. 결 론

CO₂ 용접의 단락이행에서 고속용접에 대한 파형제어 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 고속용접시 순간단락, 장기아크 및 아크 끊김현상으로 고속용접이 불가능하였다.
- 2) 고속용접시 전류가 높아질수록 순간단락과 장기아크의 발생빈도가 높아져 비드형성에 악영향을 주었다.