

CO₂ 고속용접용 파형제어 기법

Waveform Control Technique for High Speed CO₂ Welding

김 영삼*, 유 희수*, 김 희진*, 오성철**

* 한국생산기술연구원

** 한국기술교육대학교

1. 서 론

CO₂ 용접은 스파터가 많이 발생하지만, 가격이 저렴하다는 장점이 있어 널리 이용되는 용접 기법이다. 그러나 인버터 전원의 개발에 따른 고속도의 출력제어가 가능해짐에 따라 스파터의 발생을 억제할 수 있게 되었으며, 현재는 다각적인 접근을 통하여 용접속도를 증가시키기 위한 연구가 진행되고 있으며 외국의 경우 2m/min 이상의 용접이 가능한 용접전원을 개발하여 판매하고 있는 실정이다.

외국 L사의 용접전원은 STT(Surface Tension Transfer) 용접기법¹⁾을 사용하여 저스파터, 고품질의 용접을 실현시켰고, F사는 와이어 피더의 고속제어와 파형제어를 통해 단락의 강제적으로 해소하는 방식의 CMT(Cold Metal Transfer) 제어기법²⁾을 개발하여 2m/min의 용접속도가 가능한 용접전원을 개발하였다. Y사는 STC 제어기법³⁾을 개발하였으며, Mita⁴⁾는 리액터의 인덕턴스를 단락/아크시 적절히 변화시켜 각각 4m/min의 초고속용접이 가능하다고 하였다.

반면 국내 용접전원의 경우 기본적인 파형제어가 내장되어 있기는 하지만, 용접현상 등과 같은 포괄적인 기반이 접목되지 않았기 때문에 용접품질의 경우 외산에 비해 다소 낮은 수준이며, 용접속도 또한 최대 1.5m/min에 불과한 실정이다.

파형제어의 기본개념은 주기적인 단락/아크기를 유도하는 것이다. 이와 같은 제어를 위해서는 안정된 단락을 위한 단락검출 시의 출력감소, 단락시 빠른 단락의 해소를 위한 전류상승기울기의 제어, 아크 재발생시의 아크 폭발력의 제어와 아크시 적절한 용적, 용융풀의 형성을 위한 제어 변수가 포함된다.

본 연구에서는 최신의 고속용접을 위한 파형제어 기법을 분석하고자 하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 F, Y사의 파형제어형 500A급 인버터 용접전원과 국산 500A 디지털 제어형 용접전원을 사용하였다. 용접실험에 사용된 용접재료는 1.2mm의 CO₂ 용접용 와이어(KS 규격: YGW12), 보호가스는 100% CO₂를 사용하였다.

용접은 연강판재 위에 비드 온 플레이트(bead on plate)용접을 하였다. 이 때 팁과 모재간 거리(CTWD)는 14mm였고, 용접 전류는 200A대로 하였으며, 용접속도는 1.5~3m/min로 하였다. 용접파형 측정은 20kHz의 샘플링 속도로 5초간 측정하였다. 용접현상을 관찰하기 위하여 디지털 고속카메라와 파형을 동기화시키기 위하여 동시에 측정하였으며, 촬영속도는 4,000 frame/sec, 셔터속도는 1/64,000 sec였다. 동기화된 이미지와 파형은 자체 개발한 프로그램에서 동시에 볼 수 있도록 하였다.

3. 결 과

3.1 STC Control

STC 제어기법은 그림 1의 (a)에서 보는 바와 같이 단락기간 동안의 파형을 4가지로 구분하여 제어하는 것으로 ① 단락전 출력감소를 통한 단락의 안정성을 제어하

고 ② 단락시 약 150A/ms 이상의 전류 상승기율기로 제어하며 ③ 아크 재생시 아크 폭발 제어, ④ 아크시 용적 형성과 모재의 용융 제어로 구성되어 있다. 그림 1의 (b)는 stc 제어를 통하여 2m/min의 용접속도로 용접시의 비드이다. 이 때 순간/정상단락의 비율은 28/72 이었으며, 용접전류/전압은 209A/18.6V 이었다.

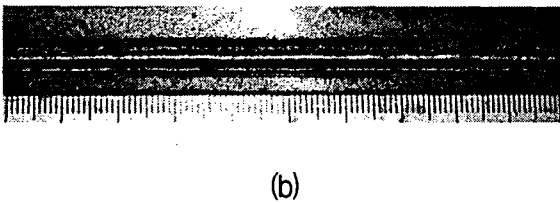
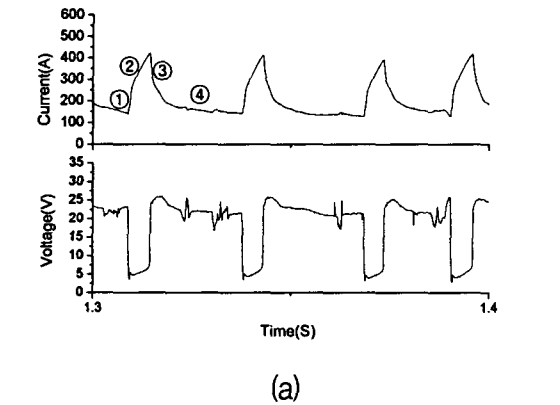


Fig. 1 Welding bead and waveform with the STC control at 2m/min.

3.2 CMT 프로세스

CMT(Cold Metal Transfer) 프로세스는 파형제어와 연동되는 와이어 송급속도 고속제어를 통하여 단락이행을 제어한다. 그림 2의 (a)는 CMT 프로세스로의 용접시의 파형으로 ①~②는 아크 구간, ③~④는 단락구간이다. ① 구간에서 와이어를 끌어당겨 안정된 아크를 유지하여 용적을 생성시키며, ② 구간에서 와이어를 용융풀로 밀어내어 단락을 유도한다. ③ 구간에서 단락을 유지하다가 ④ 구간에서는 와이어를 용융풀에서 끌어당겨 단락을 해소한다. 그림 2의 (b)는 3m/min의 속도로 용접시 비드형상이다. 100% 정상단락이 발생하였으며, 단락횟수는 100회/초, 용접전류-전압은 220A-15.4V 이었다.

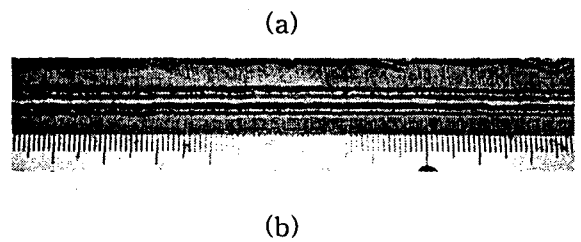
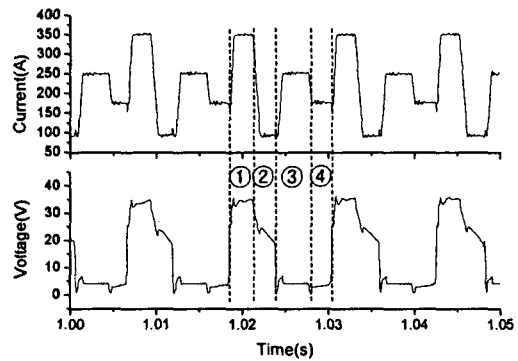


Fig. 2 Welding bead and waveform with CMT process at 3m/min.

3.3 디지털 제어형 용접전원에서의 고속용접 파형 제어기법 탑재

그림 3 은 국산 H사의 용접전원으로 무제어시 1.5m/min의 속도로 용접시의 비드형상과 파형이다. 불규칙적인 단락주기를 보이며 순간단락/장기아크와 장기 단락이 발생하여 다수의 언더컷, 험핑비드등 불안정한 비드형상을 보였다.

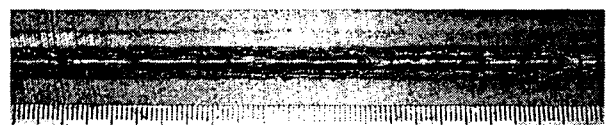
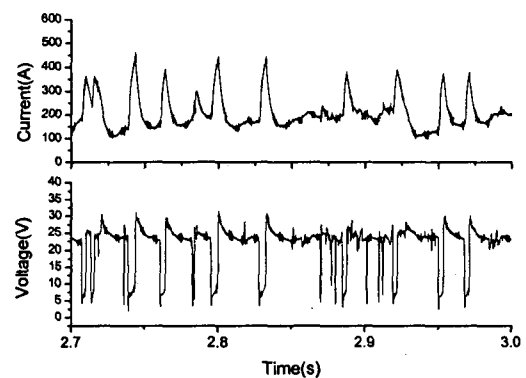


Fig. 3 Welding bead and waveform without waveform control at 1.5m/min.

그림 4는 ① 단락시 150A/ms 이상의 전류상승기울기 제어를 통한 장기단락(스터빙) 해소, ② 안정된 아크 재발생의 유도, ③ 아크시의 적정크기의 용적과 용융풀의 형성 ④ 아크시 전류감소 제어를 통한 빠른 단락의 유도로 순간단락/장기아크 해소의 제어⁵⁾를 위한 파형제어 변수를 디지털 용접전원에 프로그램하여 무제어시와 동일조건으로 용접하였을 때의 용접파형과 비드형상이다. 이 때 용접전류-전압은 206A-21.6V 이었으며, 99.9%에 이르는 정상단락이 발생하여 양호한 비드형상을 얻을 수 있었다.

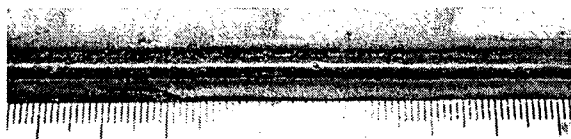
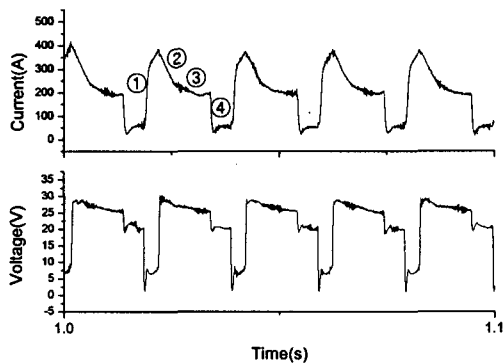


Fig. 4 Welding bead and waveform with waveform control at 1.5m/min.

4. 결 론

CO₂ 용접속도에 미치는 파형제어 변수의 영향에 대한 분석 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 용접전류 파형제어를 통하여 순간단락/장기아크, 장기단락 현상을 억제하여 2m/min의 고속용접이 가능하였다.

(2) 2m/min 이상의 고속용접시 용접전류 파형제어를 통한 단락이행의 제어는 한계가 있었으며, 따라서 와이어 공급의 고속제어와 같은 2차적인 제어가 필요하다.

후 기

본 연구는 한국생산기술연구원 2006년도 생산기술연구사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Bruce D. DeRuntz : Assessing the Benefits of Surface Tension Transfer[Ⓞ] Welding to Industry, Journal of Industrial Technology, 19-4 (2003)
2. www.axson.se/pdf/fro_bro_CMT_eng.pdf
3. K. Okamura : Ultra High-speed Arc Welding(4m/min), Industrial Robot, 25-3(1998), 185-192
4. T. Mita : Progress of Arc Welding Technologies, 69-3 (2000), 6-12 (in Japanese)
5. Hoi-Soo Ryoo, Nam-Hoon Kim and Hee-Jin Kim : Study of Waveform Control in the High Speed CO₂ Welding, Proceeding of The 2004 Spring Annual Meeting of Korean Welding Society, 42 (2004), 57-59 (in Korean)