

GMA 용접에서 와이어 오실레이션 및 전류 파형제어에 관한 연구 Study on welding wire oscillation and current waveform control in GMAW

김 영삼*, 유 회수*, 김 회진*, 오성철**

* 한국생산기술연구원

** 한국기술교육대학교

1. 서 론

산업기계 및 가전제품에서의 경량화, 특히 수송기기의 경량화는 대체 연료의 개발과 더불어 고유가 시대에 맞서기 위한 당면 과제이다. 제품의 경량화를 위해서 부품(판재)의 두께를 줄이거나, 제품이 요구하는 강도를 가지는 경량 소재를 개발, 적용하는 것이다. 이에 따라 약 0.3mm 에 이르는 초 박판의 고강도 강, 스테인레스 강의 용접 및 알루미늄, 마그네슘과 같은 경량 소재의 용접이 점차적으로 늘어가는 추세이다. 이와 같은 박판 소재에 적용, 용접 자동화를 통한 생산성의 향상을 위해서는 용접 전원 장치의 높은 자동화 적용성, 용접 스파터의 저감, 고속용접을 통한 자동화 설비의 투자비용 절감, 저입열의 용접을 통한 용락 및 용접변형을 최소화할 수 있는 용접전원 장치가 요구된다. 이와 같은 용접 산업에서의 요구에 따라 STT(surface tension transfer)¹⁻²⁾, STC(short circuit transfer control)³⁾ 파형제어 기법 및 SENSARC⁴⁾ 등과 같은 상표명의 전원장치가 개발되었다. 그러나 전류 파형제어 기술의 경우 용적의 이행에 작용하는 힘을 능동적으로 제어하기 어려우며, 외란에 민감하여, 완벽한 제어가 불가능하므로 무스파터화, 고속용접 및 저입열의 용접에는 한계가 있다.

현재 외국에서는 이러한 전류 파형제어 기술의 단점을 보완할 수 있는 새로운 제어 방식을 적용한 CSC(controlled short circuit)⁵⁾, CMT(cold metal transfer)⁶⁾와 같은 기계적 제어 시스템을 개발, 판매하고 있으나, 국내에서는 이와 같은 기술에 관한 연구가 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 용접전원에서의 전류파

형제어와 와이어 오실레이션 제어의 연동 시스템을 저스파터, 고속용접에 적용하였다.

2. 전류 파형제어의 한계점과 기계적 제어의 원리

단락 이행 중 용적에 작용하는 힘은 중력, 전자기력, 표면장력, 항력과 같이 4가지의 힘이 있다.⁷⁾ 이 힘들 중 전자기력은 전류 제어에 의해 능동적으로 제어가 가능한 힘으로, 전류 파형제어에 의해 규칙적이고 안정된 용적의 이행을 유도할 수 있다. 그러나 그 외의 힘들은 전류에 의한 능동적 제어가 불가능하며, 제어에 대한 외란의 요인으로 작용할 수 있기 때문에 전류 제어만으로는 안정된 용적 이행을 유도하는데 한계가 있다. 따라서 기계적 제어는 전류 파형제어의 한계점을 극복하고, 용적에 작용하는 4가지 힘을 무시할 수 있을 만큼 큰 힘, 즉 기계적인 힘을 가하여 강제적인 단락/아크를 유도함으로써 외란에 상관없이 규칙적이고, 주기적인 용적의 이행을 실현할 수 있다.

3. 실험방법

와이어 오실레이션 제어를 위한 시스템의 구성은 Fig. 1과 같으며, 기계적 제어와 연동한 용접전원의 파형제어 변수는 Fig. 2와 같다. 실험에 사용된 용접전원은 500A급 인버터를 사용하였다. 용접실험에 사용된 용접재료는 1.2mm의 CO₂ 용접용 와이어(KS 규격: YGW12), 보호가스는 100% CO₂ 를 사용하였다.

용접은 연강판재 위에 비드 온 플레이트(bead on plate)용접을 하였다. 이 때 팁과 모재간 거리

(CTWD)는 14mm였고, 송급속도는 4.5~6.7m/min로 하였으며, 용접속도는 0.5~2.5m/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 sec 였다.

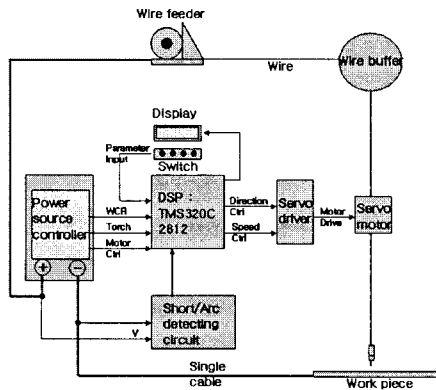


Fig. 1 Schematic diagram of the wire oscillation control system.

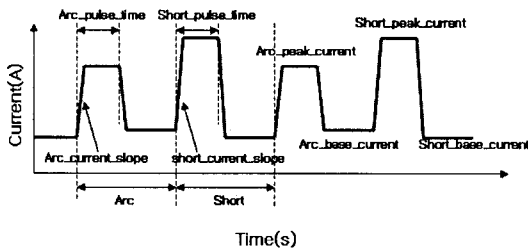


Fig. 2 Waveform control parameters for mechanical control.

4. 결 과

4.1 전류 파형제어

Fig. 3은 용접속도 0.5m/min, 용접전류 약 200A에서 전류 파형제어에 의한 용접 시의 용접 파형이다. 파형에서 보는 것과 같이 단락 주기가 일정하지 않으며, 순간 단락의 비율이 높아 스패터가 다량 발생할 수 있음을 알 수 있다.

Fig. 4는 1.5m/min의 고속용접 시 용접파형과 비드형상이다. 불규칙한 단락주기를 보이며 순간단락/장기아크와 장기단락이 발생하여 다수의 언더컷, 험핑비드등

불안정한 비드형상을 보였다.

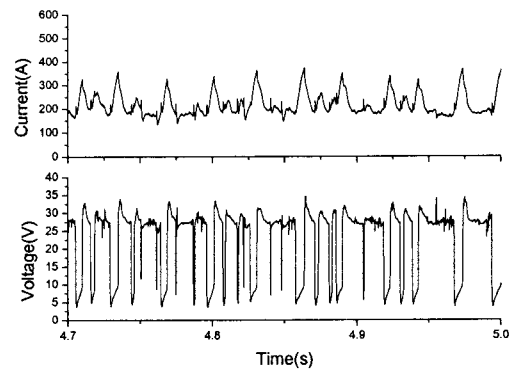


Fig. 3 Welding waveform with current waveform control at 0.5/min.(210A, 24.57V)

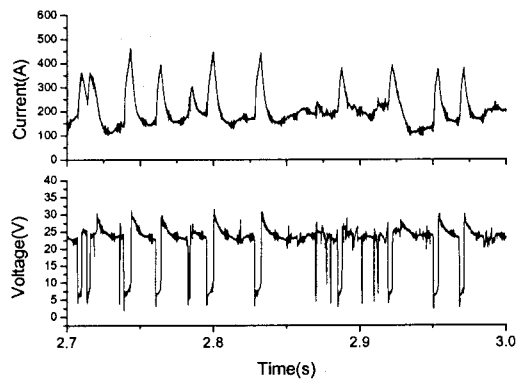
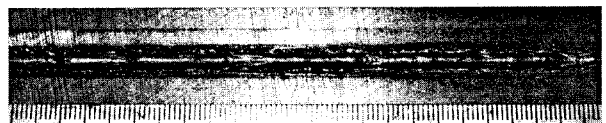


Fig. 4 Welding waveform and bead with current waveform control at 1.5m/min.(206A, 21.6V)



4.2 기계적 파형제어

Fig. 5는 기계적 제어를 적용하여 0.5m/min에서 용접 시 용접 파형이다. 정상단락이 100% 이루어져 아주 양호한 용접이 이루어졌으며, 낮은 전류에서 단락, 단락 해소가 이루어져 스패터의 발생이 거의 없었다.

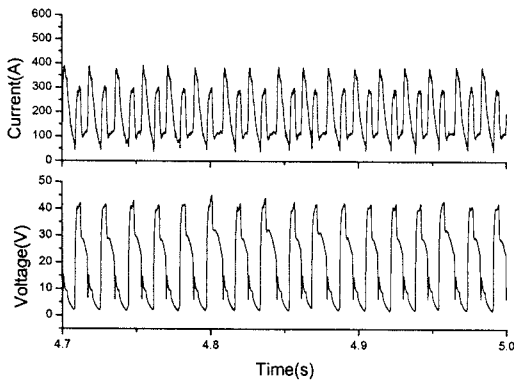


Fig. 5 Welding waveform with mechanical control at 0.5m/min.(193A, 19.3V)

Fig. 6은 기계적 제어를 적용하여 2.5m/min의 고속용접 시 용접파형과 비드형상이다. 고속임에도 불구하고 순간단락/장기아크, 장기단락의 발생이 없으며 저속에서와 마찬가지로 정상단락이 100% 이루어져 아주 양호한 용접이 이루어졌다.

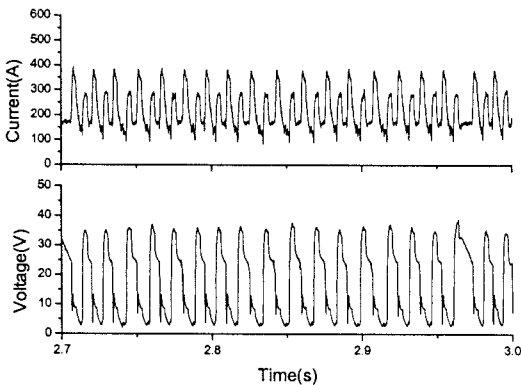


Fig. 6 Welding waveform and bead with mechanical control at 2.5m/min.(221A, 17.5V)

4. 결 론

GMA 용접에서 와이어 오실레이션 및 전류 파형제어에 관한 연구결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 용접 전류 파형제어에 의한 용접 시 순간 단락/장기아크 및 장기단락의 완벽한 억제는 불가능였으며, 따라서 스패터의 저감, 고속용접에는 한계가 있다.

(2) 용접 전류 제어와 와이어 오실레이션 제어를 통하여 2.5m/min의 안정된 고속용접이 가능하였으며, 규칙적인 단락주기의 형성과 최소 전류에서의 아크 재생으로 스패터의 발생을 최소화 할 수 있었다.

후 기

본 연구는 한국생산기술연구원 2007년도 생산 기술연구사업의 주요목적사업으로 지원되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. E. K. Stava : The surface tension transfer power source, new, low spattering of metal in CO₂ welding with a short arc, *Welding Production*, 27-6(1980), 9-14
2. Bruce D. DeRuntz : Assessing the benefits of surface tension transfer welding to industry, *Journal of Industrial Technology*, 19-4(2003)
3. K. Okamura : Ultra High-speed Arc Welding(4m/min), *Industrial Robot*, 25-3(1998), 185-192
4. CO₂ MAG Power supply SENSARC LS350, *KOBE Technical Guide*, 37-330, (1997), 8 (in Japanese)
5. G. Huisman : Direct control of material transfer : The short-circuiting(CSC)-MIG process, *Proc. Gas Metal Arc Welding for 21st Century Conf.*, Dec. 2000, Orlando, FL, USA, 165
6. K Furukawa : New CMT arc welding process - welding of steel to aluminium dissimilar metals and welding of super-thin aluminium sheets, *Welding International*, 20-6(2006), 440-445
7. J. H. Waszink, L.H.J. Grat : Der Einfluss der Sasstromung auf die Tropfenablosung beim plasma-MIG Scheisseu, *Grosse Schweisss technische Tagung*, DVS Verichte, (1977), p.198