

GMAW의 금속이행 모드 판별을 위한 파라메타의 검토

A Study on Parameters for Judgment of Metal Transfer Mode in GMAW

오동수*, 이광원**, 양영수***, 조상명****

*광주기능대학, 산업기술학과, 광주 **모니텍코리아, 기술영업팀, 부산

전남대학교, 기계공학과, 광주 *부경대학교, 생산가공공학과, 부산

1. 서론

GMA 용접의 금속이행은 단락이행(short circuiting transfer), 입적이행(globular transfer), 스프레이이행(spray transfer) 모드 등으로 구분되며, 금속이행모드는 용접전류, 용접전압, 용접봉 송급속도(wire feed rate), 실드가스(shield gas)종류와 같은 용접 조건과 용접전원의 제어형태 등에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다¹⁾. Ar가스 조성량이 많은 Ar/CO₂ 혼합가스를 사용하는 MAG용접이 로봇 용접이나 자동화된 용접장치에 폭넓게 사용하는 이유는 기존의 CO₂용접에 비해 스패터가 적고 비드 외관이 미려하기 때문이다²⁾. 이것은 CO₂ 용접의 스패터 문제나 아크불안정 문제를 해결할 수 있고 고능률의 용접시공을 위해서는 금속이행 모드 특성에 대한 면밀한 검토를 통하여 적정 용접조건을 설정, 관리할 수 있음을 의미한다. 금속이행 모드에 관한 연구는 오래전부터 많은 사람들에 의해 수행되어 왔다³⁻⁵⁾. 본 연구에서는 용접중 측정된 전류, 전압 파형에서 특징이 될만한 변수를 선정하여 단락이행 주기 중 단락시간과 아크시간 비율을⁶⁾ 계산하여 단락시간 비율에 의해 금속이행 모드를 판별할 수 있는 파라메타들을 도입하여 전전류 영역에서 금속이행 모드를 적용 분석 하는 방법들을 고찰하고자 하였다.

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 규격의 제품을 사용하였으며, 실험에 이용된 실드가스는 CO₂가스와 Ar과 CO₂ 혼합가스를 사용하는 조건이었다. Table 1의 조건에서 bead-on-plate 용접을 실시하면서, 상업용 아크모니터링 시스템을 이용하여 용접전류, 전압파형을 기록하고, 스패터 발생량을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 금속이행 모드 판별을 위한 파라메타

GMA용접의 금속이행 모드는 여러 가지 변수들이 복잡하게 영향을 미치고 있어 정성적인 평가에 그치고 있다. 금속이행시 용적이 강력한 빛을 발하는 고온의 아크 속에서 짧은 시간내에 이행이 일어나기 때문에 금속이행 현상의 연구에 많은 어려움이 있다. 일반적으로 금속이행을 단락이행, 입적이행 또는 스프레이 이행이라고 부르고 있으나, 과연 100% 단락이행, 100%입적이행 또는 100%스프레이 이행을 하고 있는 것일까? 금속이행 모드가 단락이행과 입적이행 또는 단락이행과 스프레이 이행이 혼합된 형태로 일어날 경우 정량적으로 금속이행모드 비율을 간단하게 표현할 수 있는 방법은 없을까? 금속이행모드 판별을 위한 파라메타의 기준을 정하기 위하여 단락이행 영역과 가스조성인 용접전류 160A, 100%CO₂가스 조성일 때 단락시간과 아크시간중 에서 1000msec 당 단락시간의 비율(Time Ratio)⁶⁾이 얼마인가를 계산하여 Vorouin등이 제안한 Time Ratio(단락주기/금속이행 사이클 시간)⁶⁾을 계산하여 1000msec 동안의 금속이행이 일어난 파형에서 200ms 까지를 단락이행이 일어날 수 있는 나는 최저구간으로 정하여 그 값을 1로 정하였다. 즉 1000msec 의 금속이행이 일어날

Table 1 Welding condition used in experiment

Welding current(A)	Mixtures of Ar%/CO ₂ %	CTWD* (mm)	Welding speed (mm/min)	Welding voltage(V)	Wire type
160	100/0	15	360	20	YGW15
	80/20				
	60/40				
	40/60				
	20/80				
0/100					
240	100/0	15	360	24-28	YGW15
	80/20				
	60/40				
	40/60				
	20/80				
0/100					
260	100/0	15	360	26-30	YGW15
	80/20				
	60/40				
	40/60				
	20/80				
0/100					
280	100/0	15	360	27-31	YGW15
	80/20				
	60/40				
	40/60				
	20/80				
0/100					
300	100/0	15	360	28-32	YGW15
	80/20				
	60/40				
	40/60				
	20/80				
0/100					

* CTWD: Contact Tip to Work Distance(mm)

때 단락이행이 200msec 일어날 때의 값을 1로 정하였다. 이 기준은 정한후 금속이행이 일어나는 천이비율 지수로써 T_{SG} 와 T_{SS} 라는 파라메타들을 도입하였다. T_{SG} 는 Time Ratio of Transition for short Circuiting to Globular 로써 단락이행과 입적이행의 천이비율 지수, T_{SS} 는 Time Ratio of Transition for short Circuiting to Spray로써 단락이행과 스프레이이행의 천이비율 지수로 정의하여 적용하게 되었다. T_{SG} 는 용접전류 200A 이하인 160A 조건에서 Ar/CO₂ 가스조성에 관계없이 사용하고, 용접전류 260A 이상인 중·대전류 영역에서 T_{SG} 와 T_{SS} 를 사용하였는데, Ar가스 조성이 75%이상인 Ar/CO₂ 가스조성에서 T_{SS} 를, Ar가스 조성이 75%이하인 영역에서는 T_{SG} 를 사용하였다⁷⁻⁸⁾.

3.2 파라메타를 이용한 파형

Time Ratio를 가지고 T_{SG} T_{SS} 인 대표적인 파형을 예를 들어 나타낸다면 Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3과 같다. Fig. 1은 용접조건이 160A, 20V, 20%Ar/80%CO₂가스 조성의 용접 파형인데, Time Ratio=1.131이다. 이것은 T_{SG} =1.131인 경우를 나타내며 이 파라메타에서는 100% 아주 이상적인 단락이행이 일어나고, globular 이행은 전혀 일어나지 않는 경우이다. Fig. 2는 용접조건이 300A, 30V, 0%Ar/100%CO₂가스 조성의 용접 파형인데, Time Ratio=0.0613 이다. 이것은 T_{SG} = 0.0613인 경우를 나타내며 이 파라메타에서는 6% 정도만 단락이행이 일어나고, 나머지 94%는 입적이행이 일어나고 있다는 것을 나타낸다. 이 경우 1ms 이하의 순간

단락도 불규칙적으로 나타났다²⁾. Fig. 3은 용접조건이 280A, 28V, 80%Ar/20%CO₂가스 조성의 용접 파형인데, Time Ratio=0 이다. 이것은 T_{ss}=0인 것을 나타내는데, 이 조건에서는 단락이행이 전혀 일어나지 않는 전형적인 spray 이행이 일어나고 있다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

일반구조용 열간압연강재인 SS41을 모재로 인버터 용접전원으로 혼합가스 와이어인 YGW15 와이어를 사용하여 GMAW의 금속이행모드 판별을 위한 파라메타들을 아크 모니터링 시스템을 이용한 Time Ratio를 계산한 후 전 전류영역에서 검토한 실험과 분석한 결과, 금속이행모드 판별을 위한 단락시간 비율이라는 관점에서 Time Ratio의 기준은 0.2값인 1000msec 중 2000msec 경우를 단락이행이 일어나는 최저 비율로 정한 후 각 용접조건에 따라 T_{sc}와 T_{ss}라는 파라메타를 도입하여 금속이행 모드 비율을 정량적으로 표현할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] J.F. Lancaster, The physics of welding, 2nd Ed, 1985, Pergamon Press.
- [2] T. Shinoda and H. Nishikawa, "Monitoring and Signal Processing of Short Circuiting Metal Transfer of Metal Active Gas Welding Process", Proceedings of the Int. Conf. on the Joining of Materials, pp 558-565, (May 31-June 2, 1995).
- [3] G. Adam and T. Siewert, "Sensing of GMAW droplet transfer modes using ER100S-1 electrode", Welding Journal, Vol.69, No.3, pp103s-108s, (1990).
- [4] W. Wang, S. Liu and J. E. Jones, "Fluxcored arc welding: Arc signals processing and metal transfer characterization", Welding Journal, Vol.74, No.11, pp369s-377s, (1995).
- [5] 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).
- [6] Vorouin, R. and Goloshchapov, S. "Evaluating the thin wire gas-shielded arc welding process". Svar. Proiz, No.9, pp28-31, (1969)
- [7] 溶接技術編集部, 「炭酸ガス/マグ溶接必修かんどころ」, 溶接技術, Vol.42, pp63-64, (2月, 1994).
- [8] 溶接技術編集部, 「消耗電極溶融移行現象」, Vol.45, pp135-140, (10月 1997).

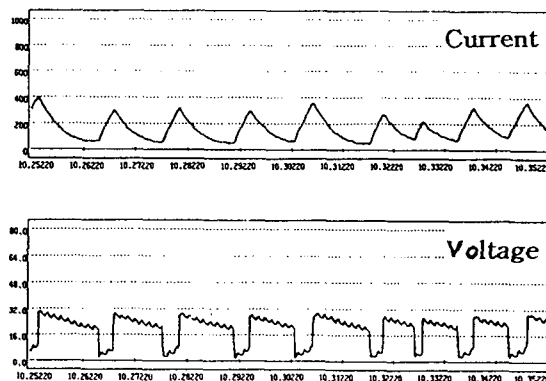


Fig. 1 Wave form of typical welding current and arc voltage in 160A, 20V, 20%Ar/80%CO₂ gas.

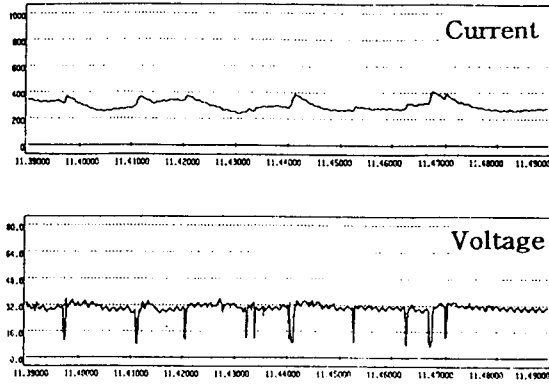


Fig. 2 Wave form of typical welding current and arc voltage in 300A, 30V, 0%Ar/100CO₂ gas.

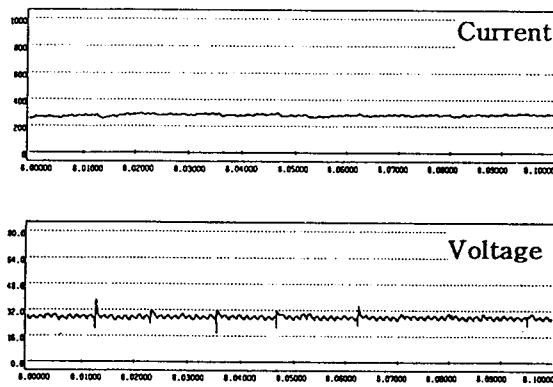


Fig. 3 Wave form of typical welding current and arc voltage in 280A, 28V, 80%Ar/20%CO₂ gas.