

스테인리스강 MIG 용접에서 원펄스 윈드롭의 완전 스프레이 이행을 위한 펄스 파형 결정 방법

A decision method of the pulse waveform for perfect spray transfer with 1 pulse 1 drop in MIG welding of stainless steel

김대만*, 조진안*, 윤승중*, 공현상**, 조상명***

* 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

** (주)동화엔텍 생산본부 생산기술팀

*** 부경대학교 신소재공학부 소재프로세스공학전공 (pnwcho@pknu.ac.kr)

1. 서 론

오스테나이트계 스테인리스강은 일반적으로 16%~25%Cr과 7%~20%Ni을 함유한 Fe-Cr-Ni의 삼원계 합금으로서 내식성이 우수하고, 연성 및 내열성이 우수할 뿐만 아니라 용접성도 양호하다. 이와 같은 오스테나이트계 스테인리스강은 LNG 운반선 Cargo Handling System 열교환기 제작에 사용되고 있다. 열교환기 생산 공정에서 spatter 방지를 위해 TIG 용접을 적용하고 있지만, 저능률, 저생산성으로 인해 spatter 없는 고능률, 고생산성의 용접 공정 개발이 필요한 실정이다.

본 연구의 목적은 spatter 방지를 위한 MIG 펄스 용접에서 핵심인 원펄스 윈드롭의 완전 스프레이 이행을 위하여 펄스 파형을 결정하는 방법을 개발하는 것이다. 본 연구에서는 연강 모재에 대하여 STS 308L 솔리드 와이어를 써서 MIG 용접으로 상대적인 피크전류 설정 후 아크길이를 변경하여 단락시간비 10%인 영역을 찾아 단락주파수 비, 펄스 주기의 표준편차, 단락위치의 표준편차를 검토한 후 아크길이만 변경하여 단락시간비 0.1%이하를 찾아 스프레이 이행을 실현하였다.

2. 실험 재료 및 방법

2.1 실험 재료

본 실험에서는 모재로 폭 50mm ×길이 200mm ×두께 8mm의 연강을 사용하였고, AWS-ER-308L 솔리드 와이어(Ø1.2)를 사용하였다.

2.2 실험 방법

Table 1은 본 실험의 용접조건을 나타내었다.

Table 1 Welding Condition

Power source	Fronius TPS-4000
Base metal	Mild steel (8t)
Welding wire	AWS-ER-308L Solid wire (Ø1.2)
Shield gas	Ar 100%, 20 ℓ/min
Welding method	Bead on plate
Setting current	200A Pulse
CTWD	15mm
Relative Peak Current	Min -5 ~ Max +5
Arc Length Ratio	Min -29% ~ Max +29%

원펄스 윈드롭 완전스프레이 이행을 위한 펄스 파형 결정 방법 실험은 2단계로 나누어 실시하였다. 1단계는 원펄스 윈드롭 실현 시험, 2단계는 스프레이 이행 실현 실험으로 실시하였다.

원펄스 윈드롭 실현을 위한 실험은 용접전류

200A Pulse로 상대적인 피크전류(RPC)를 설정 후 아크길이(ALR)를 변경하여 단락시간비 10% 영역의 파형을 획득하고, 단락주파수 비, 펄스 주기의 표준편차 및 단락위치의 표준편차를 검토하였다.

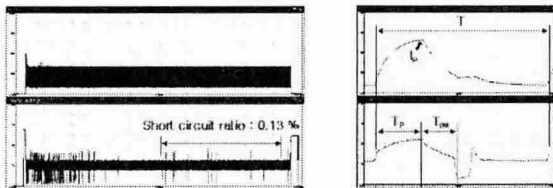
스프레이 이행 실험을 위한 실험은 원펄스 윈드룸으로 이행하는 용접 조건에서 아크길이만 변경하여 단락시간비 0.1%이하인 곳을 찾아보았다. 용접전류 및 전압은 1000A급 홀센서와 100V 센서를 사용하여 아크 모니터링 시스템(WAM4000D)으로 계속하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 Pulse parameter 정의

Fig.1은 200A Pulse 용접 시의 전류, 전압 모니터링 파형이다. 펄스 파형 parameter를 아래와 같이 정의하였다.

- 1) T : 펄스 주기 (ms)
- 2) 단락시간비 : $\frac{\text{단락 시간}}{\text{용접 시간}} \times 100 (\%)$
- 3) I_p : Peak 전류 (A)
- 4) T_p : T의 시작점에서 Up-slope가 첫 (-)값을 가질 때 까지 시간 (ms)
- 5) T_{ps} : I_p 위치에서 단락 개시 위치까지 시간 (ms)



(a) Current and voltage waveforms (b) Definition of T_{ps}

Fig. 1 Current and voltage waveforms by 200A pulse welding condition

3.2 원펄스 윈드룸 실험을 위한 실험 결과

Fig.2는 200A Pulse에서 RPC 설정 후 아크길이(ALR)를 변경하여 단락시간비 약 10%인 조건을 찾아 용접 후 획득한 파형을 확대한 것이다. Fig.2 (a)~(h)까지의 전압 파형을 보면 단락이 불규칙적으로 발생하는 것을 볼 수 있는데, 이것은 용적(droplet)이 불규칙적으로 이행하기 때문이다. Fig.2 (i)~(k)의 전압 파형을 보면 T_{ps} 가 규칙적인 상태에서 단락이 생기는 것을 볼 수 있

고, 펄스 파형 1 cycle 당 단락이 1회 생기는 즉 원펄스 윈드룸이 되는 것을 알 수 있다.

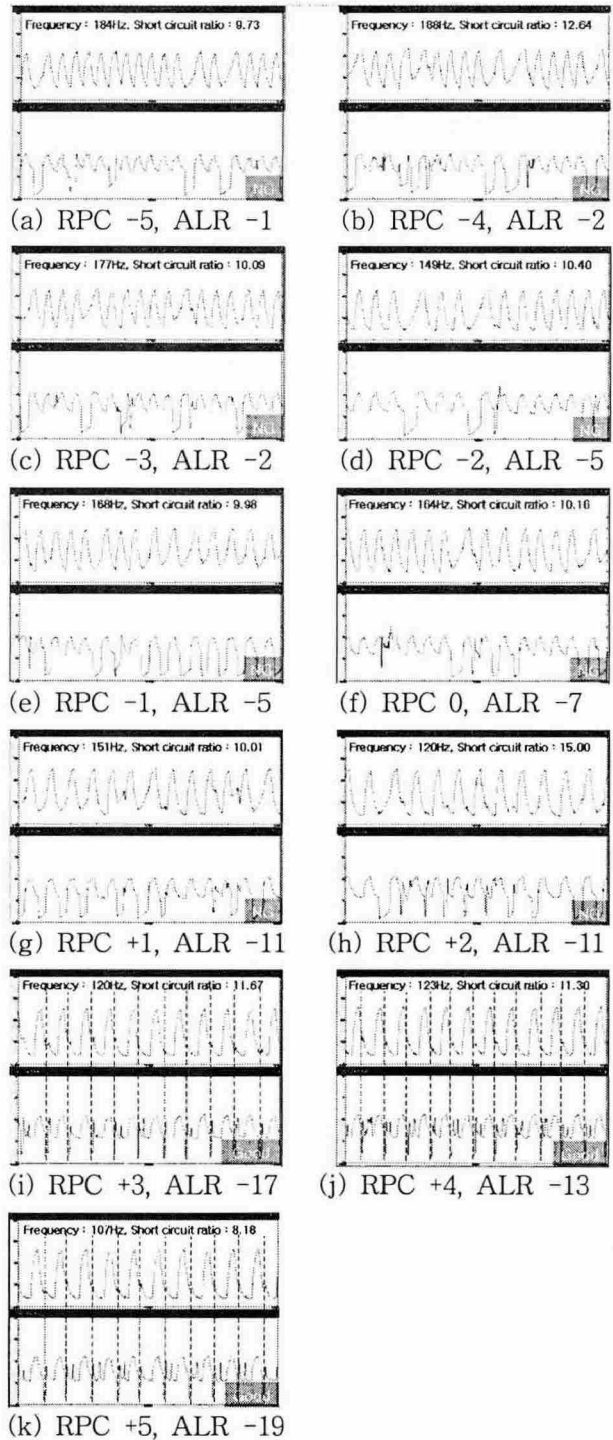


Fig. 2 Current and voltage waveforms by adjusting ALR after setting RPC (200A, Short circuit ratio 10%)

Fig.3은 단락시간비 약 10%인 조건에서 RPC

에 따른 단락주파수 비를 나타낸 그래프이다. 단락주파수 비의 식은 아래와 같다.

$$\text{단락주파수 비} = \frac{\text{단락주파수 (Hz)}}{\text{펄스주파수 (Hz)}}$$

그래프에서 단락주파수 비의 원펄스 윈드롭 이행 영역은 1 ± 0.2 로 판단하였다.

Fig.4, Fig.5는 단락시간비 약 10%인 조건에서 RPC에 따른 펄스 주기의 표준편차 및 Tps의 표준편차를 나타낸 그래프이다. 원펄스 윈드롭 이행 영역은 각각 0.3이하, 0.4이하로 판단하였다. 단락주파수 비, 펄스 주기 표준편차, Tps 표준편차의 원펄스 윈드롭 이행 영역을 모두 만족할 때 원펄스 윈드롭 이행을 실현됨을 알 수 있었다.

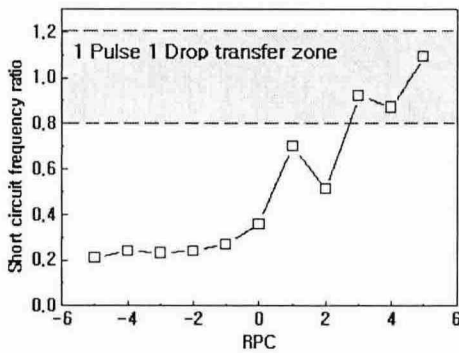


Fig. 3 Short circuit frequency ratio to RPC

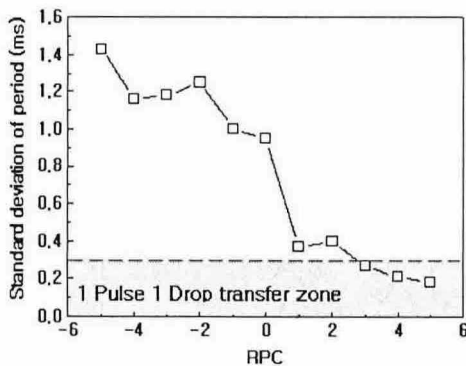


Fig. 4 Standard deviation of period to RPC

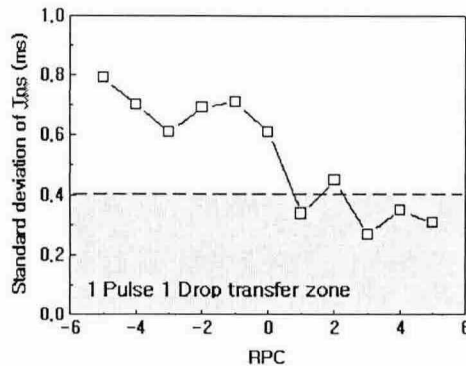


Fig. 5 Standard deviation of Tps to RPC

3.3 스프레이 이행 실험을 위한 실험 결과

Fig. 6은 원펄스 윈드롭이 실현되는 용접 조건에서 아크길이만 변경하여 단락시간비 0.1%이하가 되는 조건을 찾은 후 획득한 파형을 확대한 것이다. RPC +4, ALR -10에서 용적 이행시기의 최적화에 의한 저전압 완전 스프레이 이행을 일어나는 것을 확인 할 수 있었다.

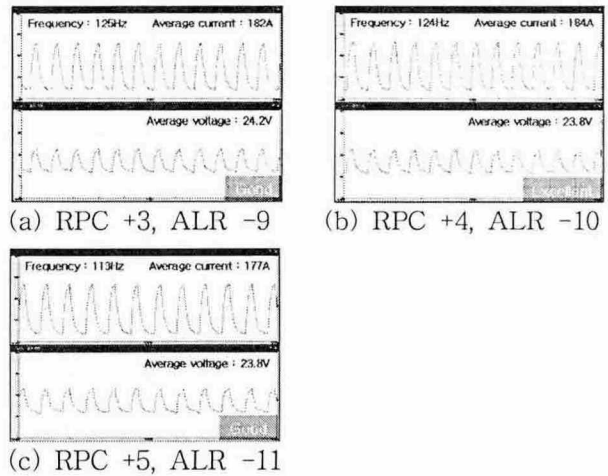


Fig. 6 Current and voltage waveforms to RPC below short circuit ratio 0.1% (setting current 200A)

4. 결 론

스테인리스강 솔리드 와이어에 의한 MIG 용접에서 원펄스 윈드롭의 완전 스프레이 이행을 위한 펄스 파형 결정 방법은 다음과 같다.

- ◆ 1단계 : 원펄스 윈드롭 실현
펄스 전류 파형 설정 → 아크길이를 단락시간비 10%로 설정 → 단락위치 및 단락 주기성 평가에 의한 최적화
- ◆ 2단계 : 스프레이 이행 실현
단락시간비 0.1% 이하가 되도록 전압 설정