

# 고전류 CO<sub>2</sub> 용접에서의 파형제어 기법 개발

김 희 진, 강 봉 용  
한국생산기술연구원

## 1. 서 론

CO<sub>2</sub>용접에서는 전류가 증가함에 따라 단락이행으로부터 입상용적이행 중의 하나인 반발이행으로 천이하는데, 입상용적이행에서는 용적이 이행하는 동안에도 계속 아크상태가 유지되기 때문에 단락 현상은 거의 나타나지 않는다. 따라서 반발이행이 주를 이루는 고 전류 CO<sub>2</sub>용접에서는 단락현상을 이용한 제어기법은 제어효과를 기대할 수 없고, 단락이행과 반발이행이 혼재되어 나타나는 중 전류영역(천이이행 구간)에서는 제어 효과가 감소하게 된다. 따라서 전 전류 범위에서 스파터발생량을 절감하기 위해서는 반발이행 현상을 제어할 수 있는 제어개념과 이를 구현할 수 있는 제어장치의 개발이 필요하다. 그리고 구축된 제어기를 활용하여 스파터 발생량을 평가함으로써 최적의 제어조건을 도출하고 기 제어 안된 제어개념의 유효성을 검증하고자 하였다.

## 2. 스파터 저감을 위한 파형제어 개념

본 연구에서 추구한 제어개념은 용접 실시간에 스파터 발생원인을 최소화하는 것이다. Fig. 1은 이러한 개념의 도입으로 예상되는 파형을 기존의 파형과 비교하여 도식적으로 보여 주는 것이다. 반발이행에서는 용접스파터가 아크 폭발력에 기인함으로써 용적이탈 직전의 순간을 감지하여 용접전류를 최소화할 필요가 있다. 본 연구에서는 용적이탈 시점을 용접전압이 피크에 이르는 시점으로 간주하고, 이 시점에서의 전류치를 최소화 하고자 하였다. 즉 용접전압이 피크에 이르기 직전에 용접전류를 저하시킴으로써 저전류 상태에서 용적이 이탈되도록 하였다. 이러한 제어개념을 구현하기 위해서는 우선적으로 용적이탈 직전의 순간을 감지하여야 하는데, 본 연구에서는 용접전압의 순간 변화율( $dV/dt$ )로부터 이 순간을 감지토록 하였다. 그리고 이와 같은 파형제어기법을 적용함에 있어 스파터 발생량에 영향을 줄 수 있는 파형변수로는 전류하강 시점에서의 순간전압변화율( $(dV/dt)_c$ ), 베이스 전류( $I_{base}$ ), 베이스전류에서의 유지시간(time of retention,  $t_r$ ) 등이 있을 수 있다.

## 3. 실험방법

상기한 제어기를 500A급의 인버터 용접전원에 부착하고, 반발이행 조건(350A/38V)에서 350mm/min의 용접속도로 60초 이상 용접을 실시하고, 그 동안 발생된 스파터로부터 스파터 발생율(splatter generation rate, SGR)을 계산하였다. 스파터발생율은 용착금속 100g 당 발생하는 스파터의 무게이다. 용접이 진행되는 동안 전압과 전류치의 변화를 60초 동안 측정하여 컴퓨터에 입력하였다. 저주파 통과필터를 사용하여 노이즈성분을 제거하였는데, 액티브필터를 사용하여 cutoff 주파수는 5kHz로 하였으며 샘플링 속도는 25,000Hz이었다.

## 4. 실험결과

Fig. 2는 3개의 용적이 연속적으로 이행하는 과정에서 나타나는 무제어 파형과 제어된 파형을 거시적으로 보여 주고 있는데, 용적이 이탈하는 순간마다 의도한 전류제어가 적절히 작동하고 있음을 보여 주고 있다.

그런데 스파터 저감효과는 제어변수의 변화에 따라 차이를 보여 주었는데, 이들의 영향 및 최적조

건은 다음과 같다.

- 1) 전압감지 순간변화율이 일정 수준 이상이 되면 용적이탈 시점에서의 전류치가 상승하여 스패터 저감효과가 감소하였다.
- 2) 베이스전류가 낮을수록 스패터발생량은 감소하나 일정수준 이상이 되면 순간단락이 발생하는 빈도수가 증가하여 스패터발생량이 증가한다.
- 3) 저전류상태에서의 유지시간이 증가할수록 스패터 발생량은 감소하나 일정수준이상이 되면 순간단락이 발생하는 빈도수가 증가하여 제어의 효과가 감소하였다.
- 4) 최적의 제어조건은 용적이탈 순간의 전류치를 최소화 하면서도 순간단락의 생성을 최대한 억제할 수 있는 조건이 되어야한다. 본 연구에서는 최적의 조건에서 용접스패터 발생율이 약 30% 이상 저감되었다.

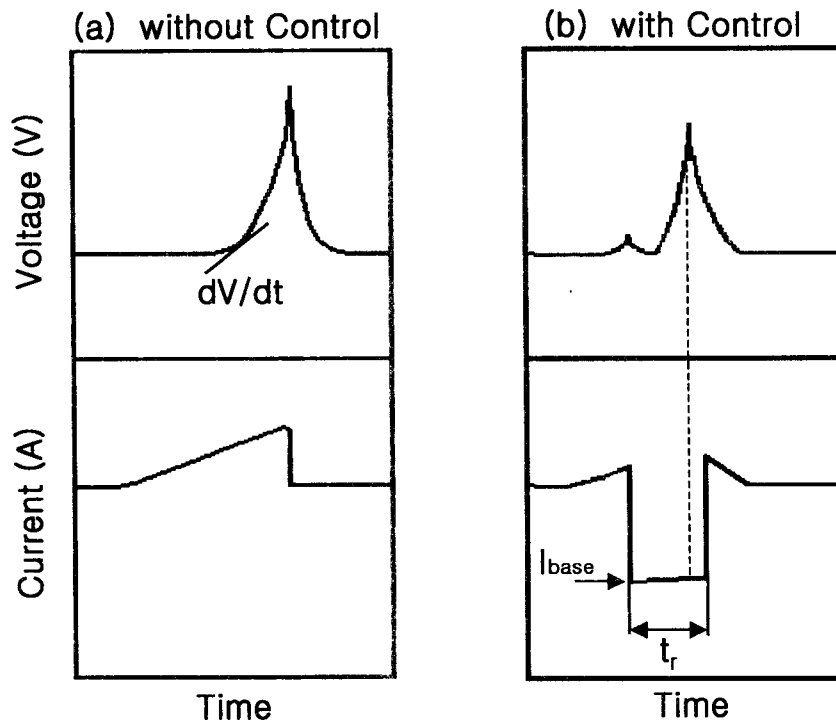


Fig. 1 Concept of waveform control technique designed for controlling the repelled transfer.

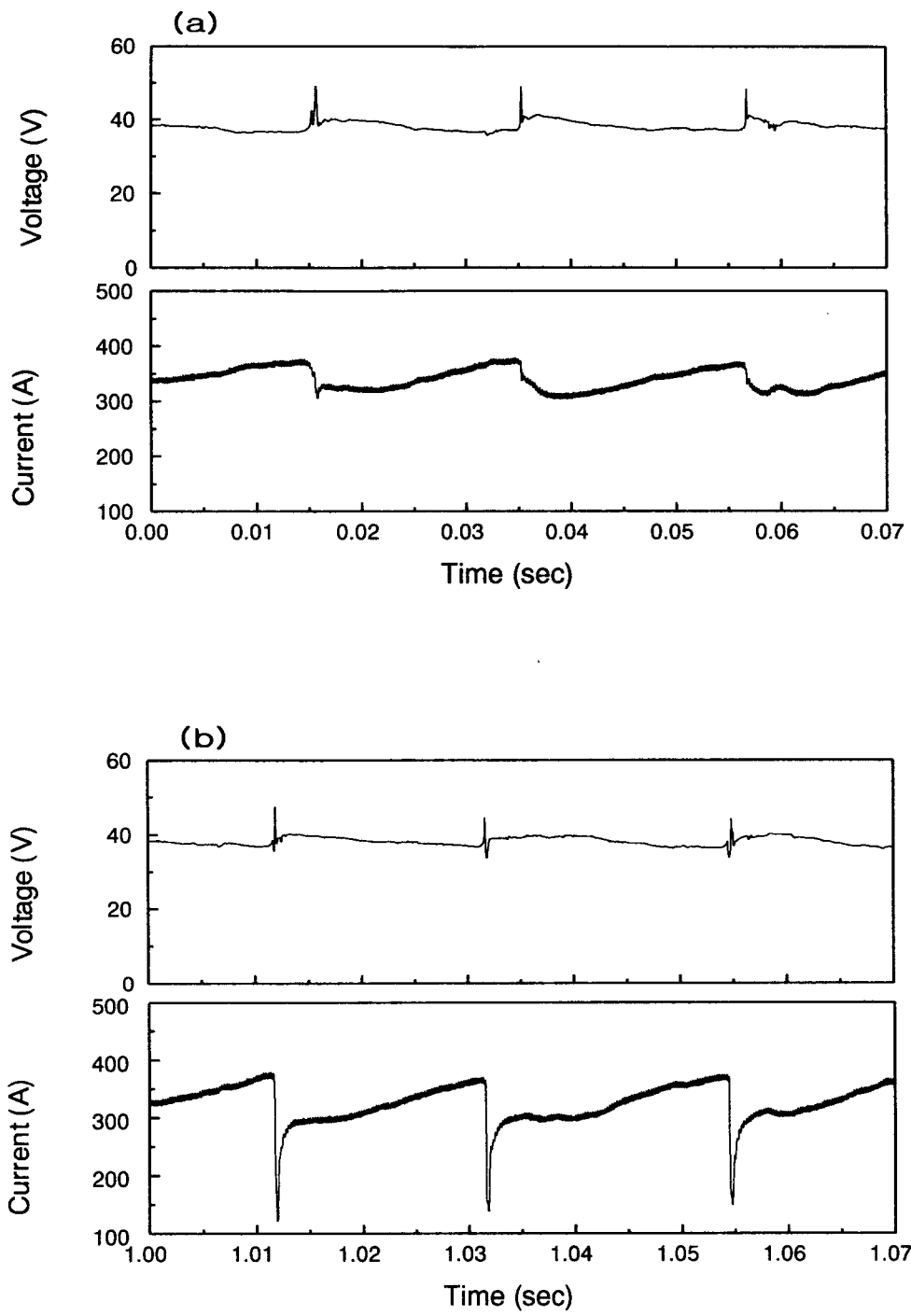


Fig. 2 3-drop waveforms generated (a) before waveform control and (b) after waveform control.