

## GMAW에서 아크개시 불량 개선을 위한 파형해석적 연구

### A Waveform Analytics Study to Improve the Arc Start Failure in GMAW

박 덕조\*, 조 상명\*\*

\* 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

\*\* 부경대학교 신소재공학부 소재프로세스공학전공

#### 1. 서 론

확실한 아크개시는 자동화 GMAW공정에서 매우 중요하다. 자동차 조립산업 및 부품사업 분야의 아크용접 현장에서는 대부분 박판에 짧은 비드로 용접하는 경우가 많기 때문에 아크개시가 더욱 중요시 된다. 아크개시 때에 일시적인 아크 끊김은 용접 비드의 시작부에 결함을 형성하고, 불량 발생에 가장 큰 영향을 미치는 요소가 된다.

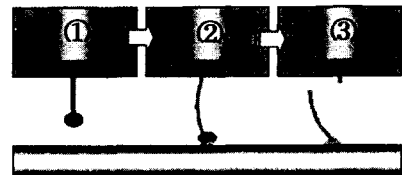
따라서 본 연구에서는 아크개시 불량에 가장 큰 영향을 미치는 인자를 용구직경(Wire bulb diameter), Post flow time, 용접전압으로 세분화 하여 각각의 조건에서 GMAW의 아크개시 특성을 파악하였고, 용접시 Monitoring system으로 계측된 전류, 전압파형을 분석하여 용접기 특성에 따른 아크개시의 불량유형을 분석하였다.

#### 2. 아크개시 불량 모드

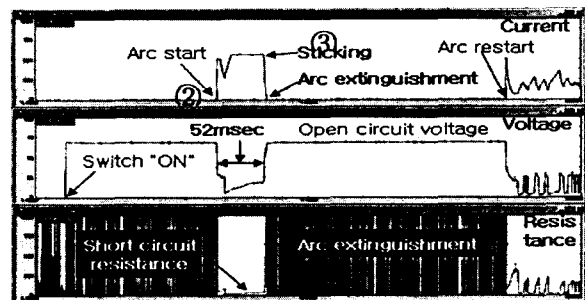
아크개시 특성은 크게 정상적인 아크개시와 아크개시 불량으로 구분할 수가 있고 아크개시 불량의 형태는 Sticking, Burn back, Sticking + Burn back(이하 본문에서 Stickburn으로 정의함)으로 구분할 수 있다.

##### 2.1 Sticking에 의한 아크개시 불량

Fig. 1에서 보여지는 것과 같이 와이어가 모재에 접촉 후 52msec의 긴 단락시간 동안 단락이 해소되지 못하고 Joule heating에 의해 가열된 와이어가 튕겨나가는 Sticking 현상으로 인해 아크가 끊기게 된다. Sticking의 주요인자로는 높은 Slow down속도, 짧은 Slow down시간, 과도한 용구 및 용구표면의 심한 산화물, 낮은 아크개시 전류이다.



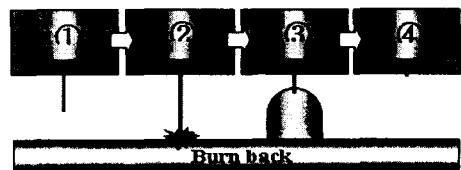
(a) Schematic of sticking mode



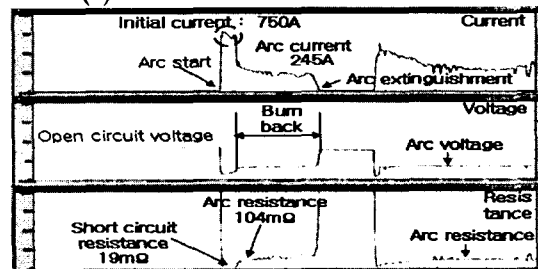
(b) Waveform at arc start failure by sticking

Fig. 1 Arc start failure by sticking

##### 2.2 Burn back에 의한 아크개시 불량



(a) Schematic of burn back mode



(b) Waveform at arc start failure by burn back

Fig. 2 Arc start failure by burn back

Burn back으로 인한 아크개시 불량은 고전류 영역에서 더 자주 발생한다. Fig. 2에서 보여지는 것과 같이 과도한 초기 아크개시 전류(평균 750A) 때문에 와이어가 짧은 시간에 급격히 과열된다. 게다가 아크 전류도 평균 245A로 높게 유지되기 때문에 와이어의 용융속도가 송급속도보다 빨라져 Burn back 현상으로 인한 아크 끊김이 발생한다. Burn back의 주요 인자로는 컨택 팁의 막힘, 늦은 Slow down 속도, 긴 Slow down 시간, 과도한 스타트 전류이다.

### 2.3 Stickburn에 의한 아크개시 불량

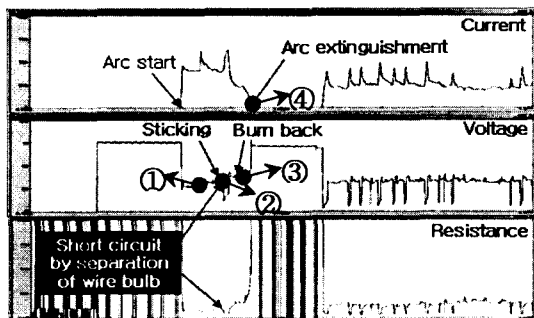
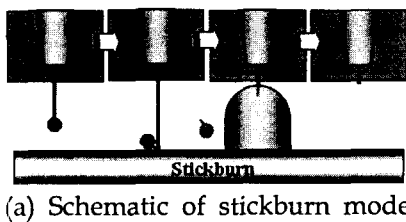


Fig. 3 Arc start failure by stickburn

Fig. 3은 Stickburn에 의한 아크개시 불량을 나타내는 것으로서 sticking후 곧바로 Burn back이 생기는 형태이다. 짧은 와이어 Bulb가 모재에 접촉하면서 큰 초기 전류가 흐르므로 와이어 Bulb 주위에 형성된 아크열과 와이어 자체의 저항발열에 의해 와이어 Bulb의 바로 뒤쪽에서 Necking이 생겨 와이어 Bulb가 튀어나가고 긴 아크가 형성되면서 과도하게 가열된 와이어가 급속히 용융되어 아크길이 과대로 아크 끊김이 생기는 현상이다.

## 3. 사용재료 및 실험방법

### 3.1 사용재료

본 실험에 사용된 재료는 폭 100mm×길이 200mm× 두께 6mm의 연강판을 사용하였고, Grinding작업으로 재료 양면의 흑피를 제거하여 사용하였다.

## 3.2 실험방법

Table 1 Welding condition

Power source	Digital inverter		
Welding current	150A	200A	250A
Welding voltage	17.9V	19.3V	20.4V
	18.9V	20.3V	21.4V
	19.9V	<b>21.3V</b>	22.4V
	20.9V	22.3V	23.4V
	21.4V(Max.)	23.3V	24.4V
CTWD	20mm		
Shielding gas	80%Ar+20%CO <sub>2</sub> (20 l /min)		
Welding wire	YGW-15(1.2mm)		
Post flow time	0sec, 1sec, 9.9sec		
Welding mode	Arc spot		
Welding time	1 sec		

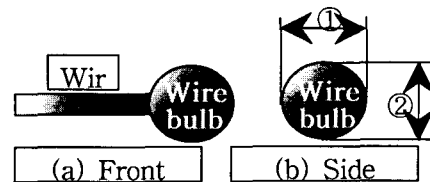


Fig. 4 Schematic of wire bulb

Table 1은 본 실험에서 적용한 용접조건이다.

GMAW에서 아크개시 불량개선을 위해 다음과 같이 실험을 실시하였다. 1) 용접전류 200A, 용접전압 21.3V에서 Post flow 시간을 0.0(산화), 1.0, 9.9sec(비산화)로 하여 용구직경에 따른 아크개시 불량을 실험하였다. 2) 용접전류 200A, Post flow 시간 1.0sec에서 일정구간의 용적직경에 대해 용접전압에 따른 아크개시 불량을 실험하였다. 3) 용구직경 2.00~2.09mm에서 용접전류를 150A, 200A, 250A로 하여 용접전압 변화에 따른 아크개시 불량을 실험하였다.

각각의 조건에서 10번씩 실험하여 아크개시 불량률(Failure ratio)로 표기 하였으며, 용구 직경은 Fig. 4에서 보는 것과 같이 두 직경의 평균으로 결정하였다.

## 4. 실험결과 및 고찰

### 4.2 아크개시 불량 유형

본 연구에서 Burn back 현상은 없었고, Sticking 현상은 실험의 모든 조건에서 관찰되었으며, Stickburn 현상은 Post flow 시간이 1.0sec일 때 용구직경이 1.90mm이상에서 자주 발생하였다. Fig. 5과 같이 아크개시가 불안정하게 성공하는 Unstable waveform이 Post flow time에 상관없이 용구직경이 증가할수록, 일정전류에서 용접전압이

감소할수록 많이 발생되었다. Fig. 6에서 용구 직경이 2.30mm 이상 일 때 아크개시 불량율이 감소하는 것도 Unstable waveform이 많이 발생했기 때문이다.

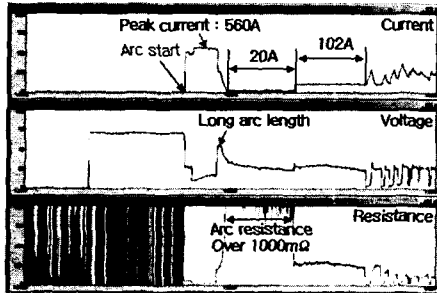


Fig. 5 Unstable waveform

#### 4.2 용구직경에 따른 Post flow time 대한 아크개시 특성

Post flow 시간에 따라 용구직경을 변화시켜 아크개시 특성을 실험해 본 결과 Fig. 6과 같이 Post flow 시간이 감소할수록 아크개시 성공확률이 높아졌다. 또한 용구직경이 커지면 아크개시 불량률이 증가하였다.

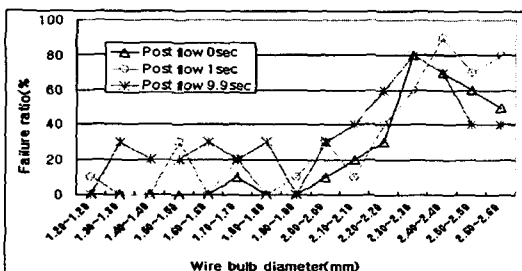


Fig. 6 Arc start failure ratio for wire bulb diameter in variable post flow time (Setting current : 200A, setting voltage : 21.4V)

#### 4.3 용접 전압에 따른 아크개시 특성

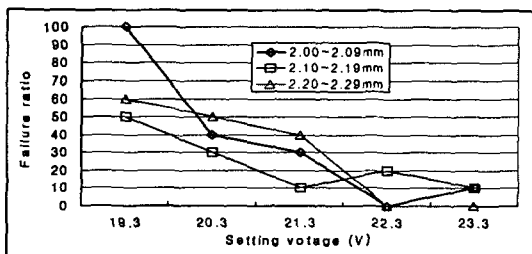


Fig. 7 Arc start failure ratio for wire bulb in variable setting voltage (Setting current : 200A, Post flow time : 1sec)

Fig. 7은 용접전류 200A에서 세 가지의 용구직경에 대하여 용접전압을 변화 시켜 아크개시 특성을 나타낸 것이다. 같은 용구직경에서 용접전

압을 높게 하면 아크개시 불량율이 감소하고, 용접전류 200A근방에서 아크개시 중요시 할 때는 용접전압을 22.3V이상으로 설정해야 된다고 판단된다.

#### 4.4 용접전류에 따른 아크개시 특성

Fig. 8는 용구 직경이 2.00~2.09mm일 때 각각의 용접전류에서 용접전압을 변화시켜 아크개시 특성을 나타낸 것이다. Fig. 8에서 각 전류에 해당하는 표준전압을 화살표로 나타내었다. 각 표준전압에서의 아크개시 특성을 보면 높은 전류일수록 아크개시는 잘되고 높은 전류에서는 표준전압보다 1.0V정도만 높게 하면 양호한 아크개시가 된다. 그러나 낮은 전류에서도 전압을 높이면 아크개시는 잘되지만 과도한 전압으로 인해 용접 품질이 불안정해진다.

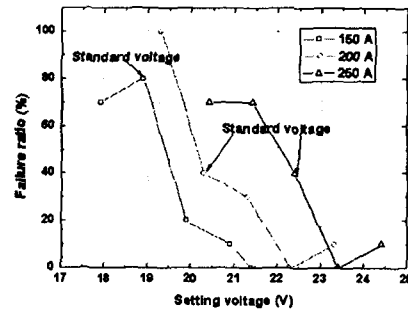


Fig. 8 Arc start failure ratio for setting voltage in variable setting current (Wire bulb : 2.00~2.09mm, Post flow : 1sec)

### 5. 결 론

GMAW의 아크개시 불량 개선을 위한 실험에서 다음과 같은 결론은 얻었다.

1) 본 실험에서 사용한 Digital inverter 용접기의 경우 Burn back mode가 발생되지 않았다. 이것은 초기의 와이어 송급특성이 양호하고 용접전류의 피크치가 560A이상 올라가지 않게 파형제어되었기 때문에 나타나는 현상이라고 판단된다.

2) Post flow 시간에 따른 아크개시 불량율은 0.0sec가 가장 낮으며, 용구직경이 커질수록 Unstable waveform이 발생되기 쉬우므로 안정적인 아크개시가 어렵게 된다. 따라서 아크개시 불량율을 줄이기 위해서는 최소한 용구직경을 1.90mm이하로 유지하는 것이 바람직하다.

3) 용접전압이 높아질수록 아크개시 불량률은 낮아졌다.

4) 용접전류가 높아질수록 아크개시 불량률은 낮아졌다.