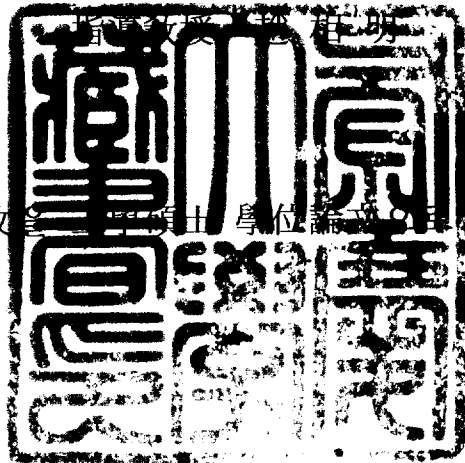


工學碩士 學位論文

GMAW에서 아크개시 불량 개선을 위한 파형해석적 연구

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함



2005年 2月

釜慶大學校 大學院

소재프로세스공학과

朴 德 照

朴德照의 工學碩士 學位論文을 認准함

2004年 12月

主 審 工學博士 李 秉 雨 

委 員 工學博士 徐 源 贊 (印)

委 員 工學博士 趙 相 明 (印)

목 차

Abstract	1
제 1 장 서 론	2
1.1 연구배경 및 필요성	2
1.2 연구목적 및 개요	3
제 2 장 이론적 배경	4
2.1 GMAW의 원리	4
2.2 아크개시 불량 형태	6
2.2.1 Sticking에 의한 아크개시 불량	6
2.2.2 Burnback에 의한 아크개시 불량	7
2.2.3 Stickburn에 의한 아크개시 불량	9
2.3 아크개시 중의 와이어 발열	11
2.4 와이어 발열량의 정의	12
2.5 용접저항의 정의	14
2.6 온도에 따른 Steel 와이어의 고유저항특성	16
제 3 장 GMAW에서 아크개시 특성	17
3.1 서언	17
3.2 실험재료 및 방법	17
3.2.1 실험재료	17
3.2.2 실험방법	18
3.3 실험결과 및 고찰	20
3.3.1 용구직경에 따른 냉각시간	20
3.3.2 아크개시 불량 유형	21
3.3.3 용구직경에 따른 Post flow time 대한 아크개시 특성	22
3.3.4 용접 전압에 따른 아크개시 특성	24
3.3.5 용접전류에 따른 아크개시 특성	26
3.4 결론	28
제 4 장 GMAW에서 아크개시 성공 및 실패에 대한 평가기준 개발	29
4.1 서언	29
4.2 아크개시 성공 및 실패의 정의	29
4.3 결론 및 고찰	30
4.3.1 아크개시 성공시 용접과형	30
4.3.2 Sticking에 의한 용접과형	31

4.3.3 Burnback에 의한 용접파형	32
4.3.4 Stickburn에 의한 용접파형	33
4.4 결언	36
제 5 장 결 론	37
참고문헌	38

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

Deok-jo, Park

*Department of Materials Processing Engineering, Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

Reliable arc start in automated welding is the most important thing especially in the field of auto mobile industry and parts industry cause they perform short bead on the thin sheet. Temporary arc extinguishment makes defect at the start of bead, is main factor to occur failure.

Arc start failure can be classified in to three types. firstly sticking, secondly burnback, and thirdly stickburn appearing sticking and burnback simultaneously. but still it is hard to figure out arc start failure quantitatively. In this study failure factors classified into three types as wire bulb diameter, post flow time, welding voltage then arc start characteristic of GMAW was evaluated for each condition. Using monitoring system arc start failure was evaluated by the mechanism of current and voltage. Evaluation criteria for arc start failure mode has been made by evaluating welding resistance quantitatively

Key Words: GMAW, Arc start failure, Sticking, Burnback, Stickburn, Wire bulb, Post flow time, Welding current, Welding voltage, Welding resistance

제 1 장 서 론

1.1 연구 배경 및 필요성

확실한 아크개시는 자동화 GMAW공정에서 매우 중요하다. 자동차 조립산업 및 부품사업 분야의 아크용접 현장에서는 대부분 막판에 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.

아크개시 불량은 3가지로 나뉘어 질수 있다. 첫 번째, Sticking에 의한 아크개시 불량, 두 번째, Burnback에 의한 아크개시 불량, 세 번째는 Sticking과 Burnback이 동시에 발생하는 Stickburn이다.

D, FARSON, et al.¹⁾과 H.S.YU, et al.²⁾ 그리고 P. ZHU, et al.⁵⁾의 연구에서는 단지 Sticking만 다루었고 성공과 실패를 구분 짓는 기준을 명확하게 제시하지는 않았다.

현재 이러한 아크개시 불량을 정량적으로 판단하여 성공과 실패로 구분 짓는 기준이 미흡한 실정이며 또한 아크개시 특성을 정량적이고 체계적으로 연구하여 보고된 것이 부족한 실정이므로 아크개시에 영향을 주는 인자와 성공과 실패를 구분 짓는 판단기준이 필요하다.

1.2 연구 목적

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. 또한 각각의 아크개시 불량 모드에 대해 용접 저항을 정량적으로 분석하여 아크개시 성공 및 실패에 대한 평가기준을 마련하였다.

제 2 장 이론적 배경

2.1 GMAW의 원리

GMAW(Gas Metal Arc Welding)는 소모전극을 사용하는 방법으로 용가재로 작용하는 와이어를 일정한 속도(Wire Feeding Rate)로 용융지에 송급하면서 전류를 통하여 와이어와 모재 사이에서 아크가 발생하도록 하는 용접법이다. Fig. 2.1 에서와 같이 연속적으로 송급되는 와이어는 높은 아크열에 의해 용융되어 아크 기둥을 거쳐 용융지로 이행되게 되며, 아크 기둥과 용융부위는 가스노즐을 통해 공급되는 보호가스(Shielding Gas)에 의해 주위의 대기로부터 보호된다. 이 용접법은 사용되는 보호가스의 종류에 따라 분류되고 있는데, Ar과 같은 불활성 가스를 사용하는 경우를 MIG(Metal Inert Gas)용접, 순수 탄산가스만을 사용하는 경우를 CO₂용접, 탄산가스와 Ar가스를 혼합하여 사용하는 경우를 MAG(Metal Active Gas)용접 이라고 한다.

본 연구에서는 80%Ar과 20%CO₂를 사용하는 MIG용접을 사용하였다.

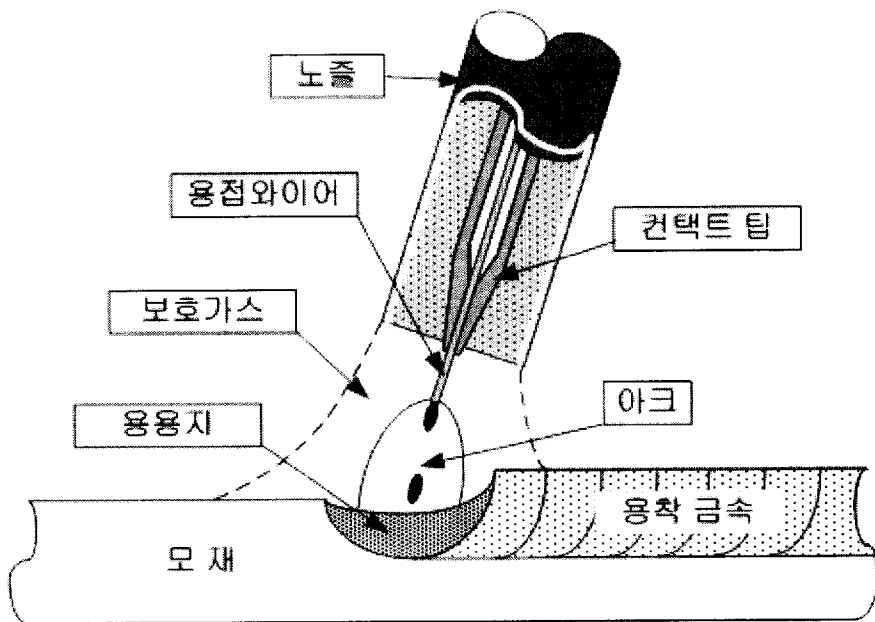


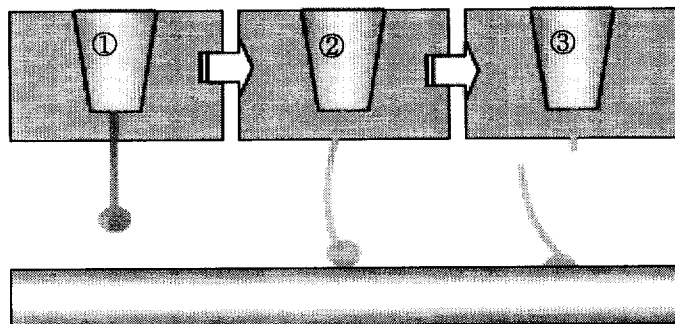
Fig. 2.1 Arc principle of GMAW

2.2 아크개시 불량 형태

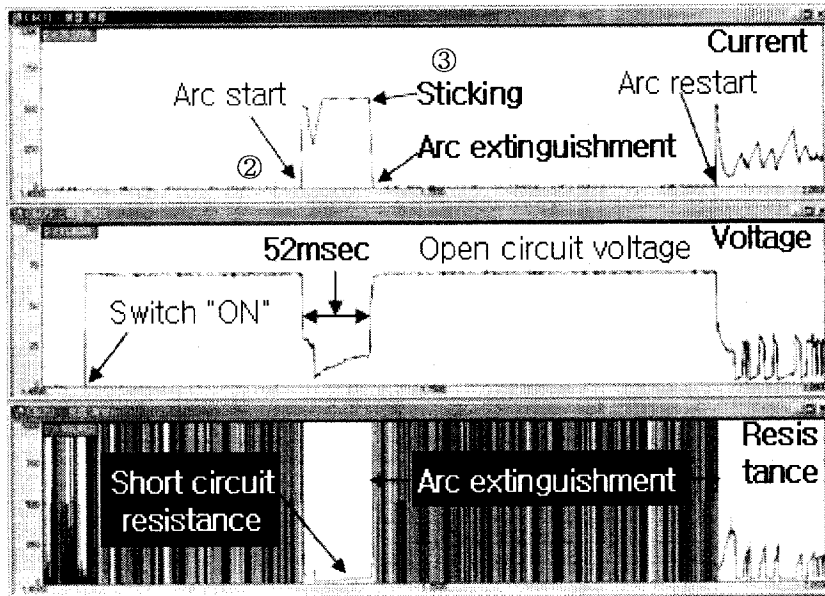
아크개시 특성은 크게 정상적인 아크개시와 아크개시 불량으로 구분할 수가 있고 아크개시 불량 형태는 Sticking, Burn back, Sticking + Burn back(이하 본문에서 Stickburn으로 정의함)으로 구분할 수 있다.

2.2.1 Sticking에 의한 아크개시 불량

Fig. 2.2에서 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 아크개시전류이다.



(a) Schematic of sticking mode

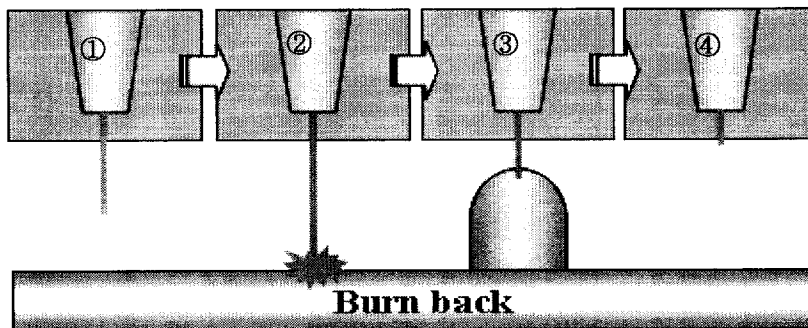


(b) Waveform at arc start failure by sticking

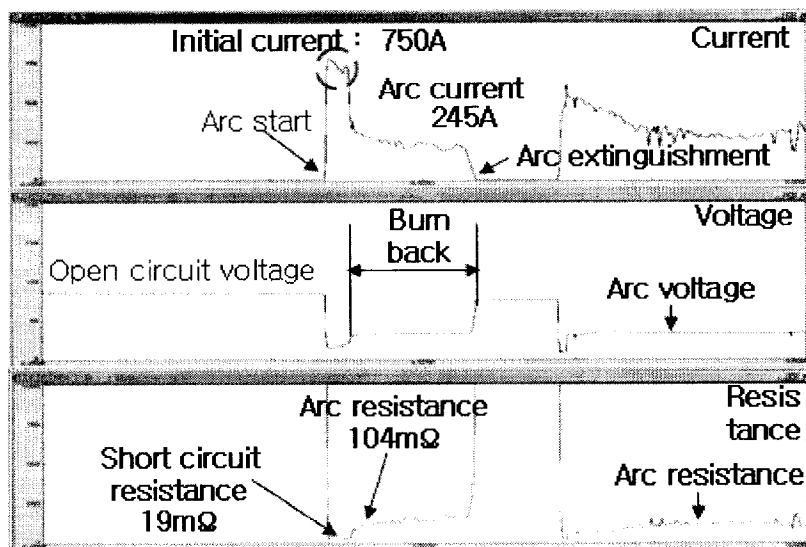
Fig. 2.2 Arc start failure by sticking

2.2.2 Burnback에 의한 아크개시 불량

Burn back으로 인한 아크개시 불량은 고전류 영역에서 더 자주 발생한다. Fig. 2.3에서 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 컨택팁의 막힘, 늦은 Slow down 속도, 긴 Slow down 시간, 과도한 스타트 전류이다.



(a) Schematic of burn back mode

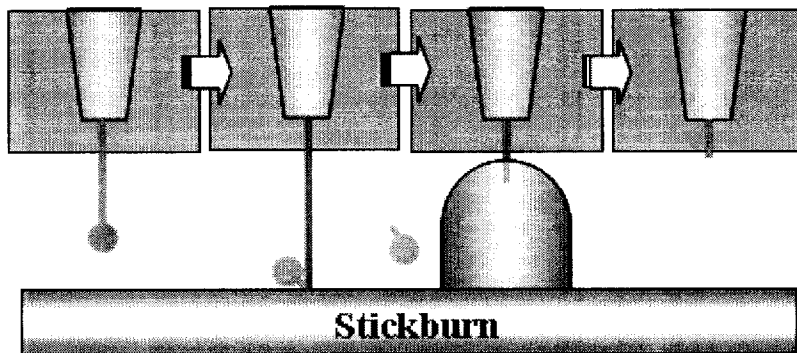


(b) Waveform at arc start failure by burn back

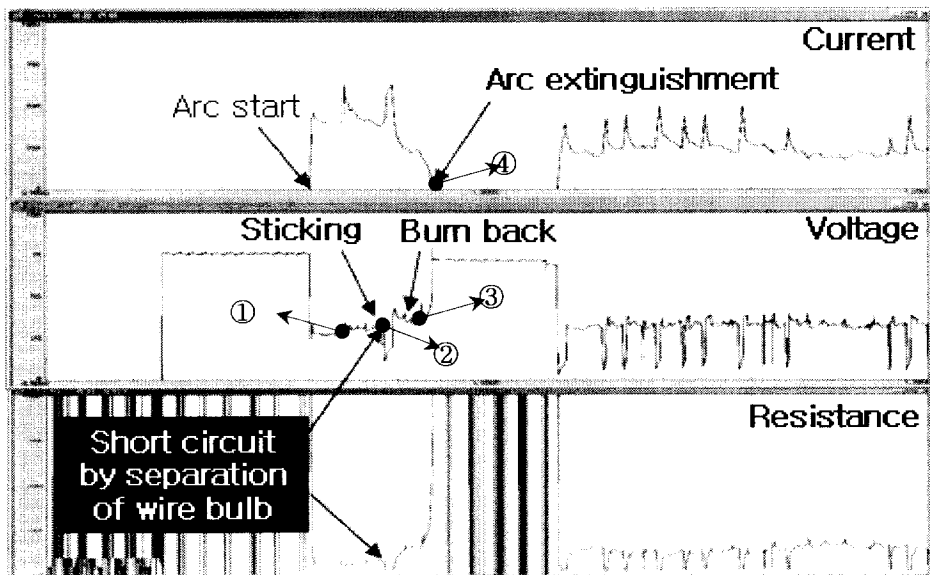
Fig. 2.3 Arc start failure by burn back

2.2.3 Stickburn에 의한 아크개시 불량

Fig. 2.4은 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 짧김이 생기는 현상이다.



(a) Schematic of stickburn mode



(b) Waveform at arc start failure by stickburn

Fig. 2.4 Arc start failure by stickburn

2.3 아크개시중의 와이어 발열

식(1)은 P, ZHU에 의해 제안된 식으로서 P는 아크개시에서 발생된 와이어의 발열을 나타낸 것으로서 와이어에 투입된 Total power (J/sec)이다. 첫 번째 항목과 세 번째 항목은 아크 발열을 나타낸 것이고 두 번째 항목은 저항발열을 나타낸 것이다.

본 연구에서도 식(1)을 참고하여 아크 발열과 저항발열을 발열량으로 환산하여 아크개시 평가기준을 마련하였다.

$$P = \frac{Ak_{\text{eff}}(T_p - T_a)}{L_p} + I\Phi_w + I \frac{5K_b T_e}{2e} \quad \text{--- (1)}$$

The diagram illustrates the components of the power equation (1). The equation is shown as $P = \frac{Ak_{\text{eff}}(T_p - T_a)}{L_p} + I\Phi_w + I \frac{5K_b T_e}{2e}$. A box labeled '저항 발열' (Resistor heat) points to the first term. A box labeled '아크 발열' (Arc heat) points to the second and third terms, which are enclosed in a dashed box.

P = Total power input of wire, (J/sec)

T_p = Arc temperature

L_p = Distance between wire and basemetal

T_a = Wire tip temperature

k_{eff} = Thermal conductivity at wire - plasma interface

A = Arc attachment area

I = current

Φ = Work function of wire

T_e = Electron temperature

K_b = Boltzmann's constant

2.4 와이어 발열량의 정의

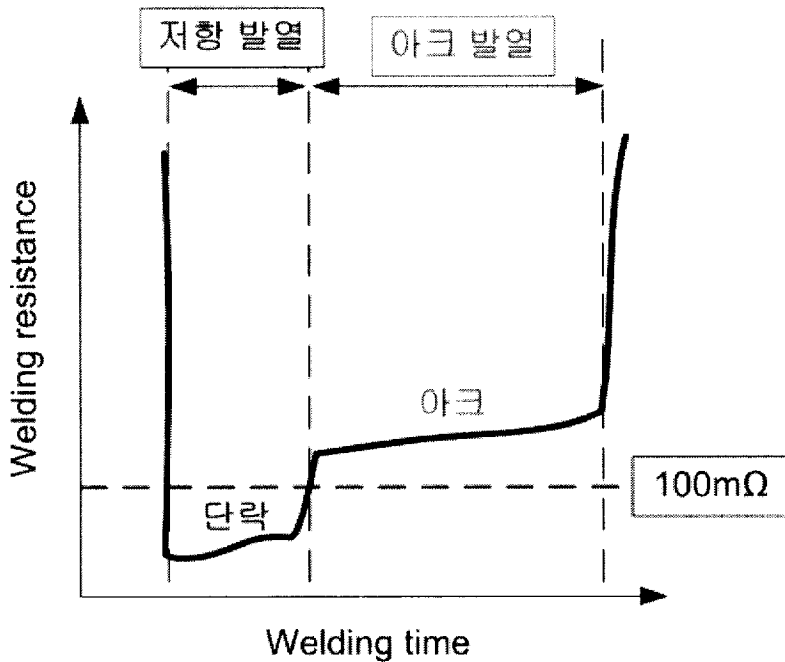


Fig. 2.5 Definition of generation of heat

Fig. 2.5은 아크개시때 발생하는 저항 발열과 아크 발열을 정의한 것이다. 초기 와이어가 모재와 접촉하여 단락을 한 후 일정시간 뒤에 아크가 발생된다. 이때 용접저항을 $100\text{m}\Omega$ 으로 기준으로 그 이하를 단락, 그 이상을 아크라 구분하였다. 각각의 경우에 해당되는 전류, 전압, 용접시간을 계산하여 발열량을 구한 것이 식 (2)이다. 식(2)에서 Q_T 는 총 발열량, Q_S 와 Q_A 는 각각 단락시 저항 발열량과 아크 발열량을 나타낸 것이다. 이것은 식(3)과 식(4)로 표현 할 수 있고, 최종적으로 Q_T 는 식(5)로 표현된다.]

본 장에서는 Arc Monitoring System으로 계산되어진 평균용접전류(A), 평균용접전압(V), 용접시간(t)을 식(6)과 식(7)을 사용하여 단락시 저항 발열과, 아크 발열을 각각 계산하였다.

$$Q_T = \int P dt = \underbrace{\int P_S dt}_{Q_S} + \underbrace{\int P_A dt}_{Q_A} \text{-----} (2)$$

$$Q_S = \int \mathbf{i}_S \bullet \mathbf{v}_S \bullet dt \text{----} (3) \quad , Q_A = \int \mathbf{i}_A \bullet \mathbf{v}_A \bullet dt \text{----} (4)$$

• 총 발열량

$$\Rightarrow Q_T = Q_S + Q_A \text{----} (5)$$

• 단락시 저항 발열량

$$\Rightarrow Q_S = I * V * t(J) \text{----} (6)$$

• 아크 발열량

$$\Rightarrow Q_A = I * V * t(J) \text{----} (7)$$

2.5 용접저항의 정의

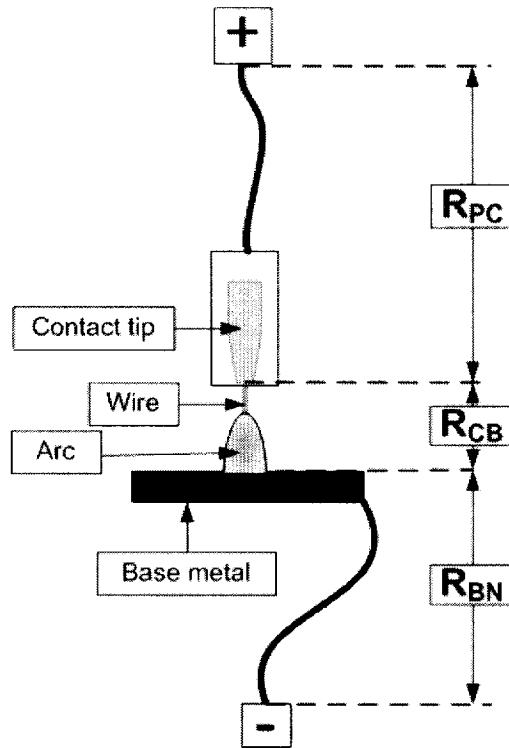


Fig. 2.6 Determination of welding resistance

Fig. 2.6 는 용접저항을 나타낸 모식도로서 R_{PC} 는 용접기의 Positive에서 콘택팁의 선단부 까지의 저항이다. R_{CB} 는 콘택팁의 선단부에서 Base metal 까지의 저항이며, R_{BN} 은 Base metal에서 용접기의 Negative까지의 저항이다.

본 장에서는 R_{PC} 와 R_{BN} 는 일정하다고 가정하였으며 R_{CB} 는 식(8)과 같이 와이어저항 (R_W)와 아크저항 (R_A)의 합으로 나타낼 수 있다.

$$R_{CB} = \text{와이어 저항}(R_W) + \text{아크저항}(R_A) \text{-----(8)}$$

▪ Case of short circuit : $R_{CB} = R_W$

$$\therefore Q_T = Q_S \text{-----(9)}$$

▪ Case of arcing time : $R_{CB} = R_W + R_A$

$$\therefore Q_T = Q_S + Q_A \text{-----(10)}$$

아크발생시 Short circuit의 경우에는 아크가 발생되지 않기 때문에 $R_{CB} = R_W$ 가 된다. 따라서 총 발열량은 식(9)처럼 표현된다. Arcing time의 경우에는 단락후 아크가 발생되기 때문에 $R_{CB} = R_W + R_A$ 가 되어 총 발열량은 식(10)으로 표현된다.

2.6 온도에 따른 Steel 와이어의 고유저항 특성

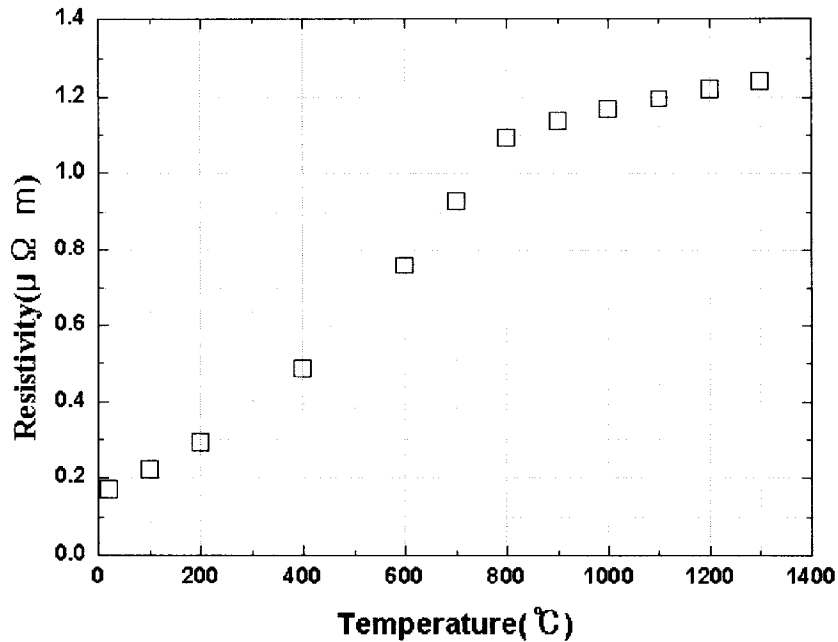


Fig. 2.6 Resistivity of steel wire according to temperature

Fig. 2.6은 온도에 따른 Steel wire의 고유저항을 나타낸 것으로서 이것은 와이어와 Base metal이 Short circuit을 하면 전류가 통전되어 와이어 자체의 저항 발열에 의해 온도가 상승되고 그로인해 고유저항값이 증가한다는 것을 단적으로 보여주는 그래프이다.

제 3 장 GMAW에서 아크개시 특성

3.1 서언

본 장에서는 아크개시 특성에 영향을 미치는 인자를 용구 직경, Post flow time, 용접 전압, 용접전류로 설정하여 Arc spot 용접으로 1sec간 용접하여 각각의 경우에 대해 아크개시 특성을 평가하였다.

3.2 실험 재료 및 방법

3.2.1 실험 재료

본 실험에 사용된 재료는 폭 100mm×길이 200mm× 두께 6mm의 연강판을 사용하였고, 시편 형상은 Fig. 3.1에 나타내었다. Grinding작업으로 재료 양면의 흑피를 제거하여 사용하였다.

사용된 Wire의 종류는 KS YCW 15 (JIS YGW 15) 직경 1.2mm Solid wire를 사용하였고, 80%Ar-20%CO₂의 혼합가스를 사용하였다.

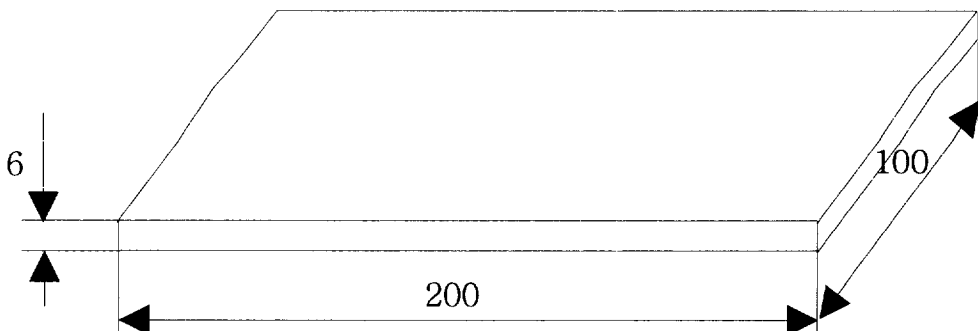


Fig. 3.1 Configuration of base metal

3.2.2 실험 방법

Table 3.1 Welding condition

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

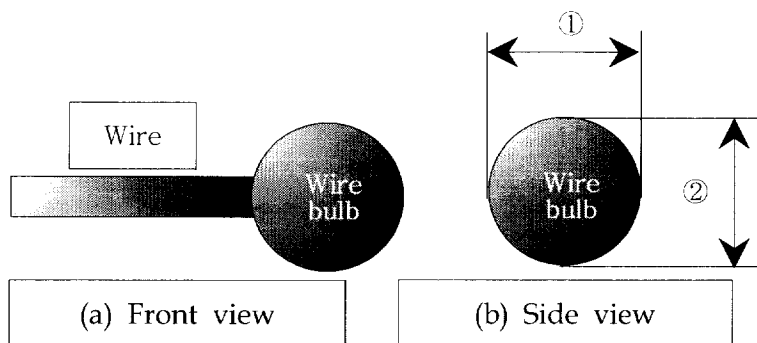


Fig. 3.2 Schematic of wire bulb

Table 3.1은 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 불량율(Failure ratio)로 표기 하였으며, 용구 직경은 Fig. 3.2에서 보는 것과 같이 두 직경의 평균으로 결정하였다.

용접 실험을 위한 장치 구성도는 Fig. 3.3에 나타내었다. 용접 전원은 전격용량 400A의 Digital inverter 용접전원을 사용하였으며, 용접전류, 용접전압 및 용접저항을 계측하기 위해서 Arc Monitoring System(WAM 4000)을 사용하였다.

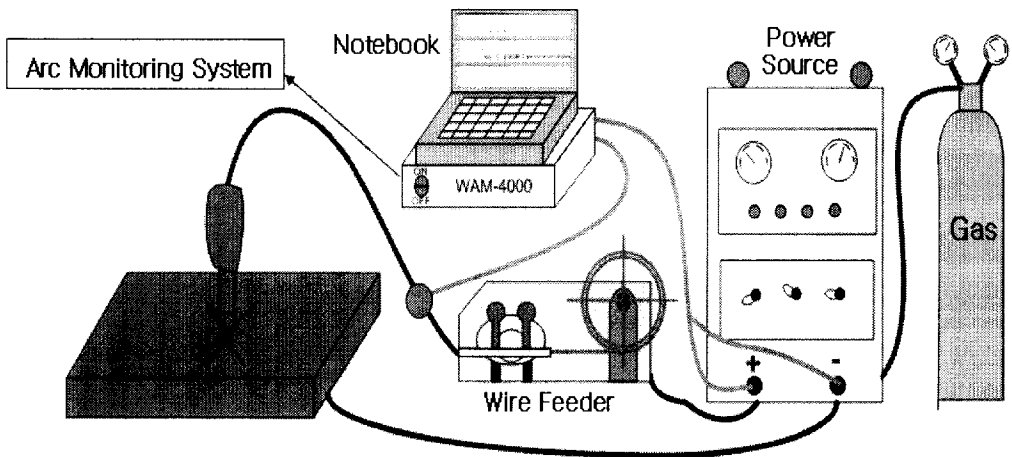


Fig. 3.3 Equipment for experiment

3.3 실험결과 및 고찰

3.3.1 용구직경에 따른 냉각시간

Fig. 3.4는 용구직경에 따른 냉각시간을 나타낸 것으로 용구가 약 600℃ 정도 냉각 될 때까지를 Cooling time으로 하였다.

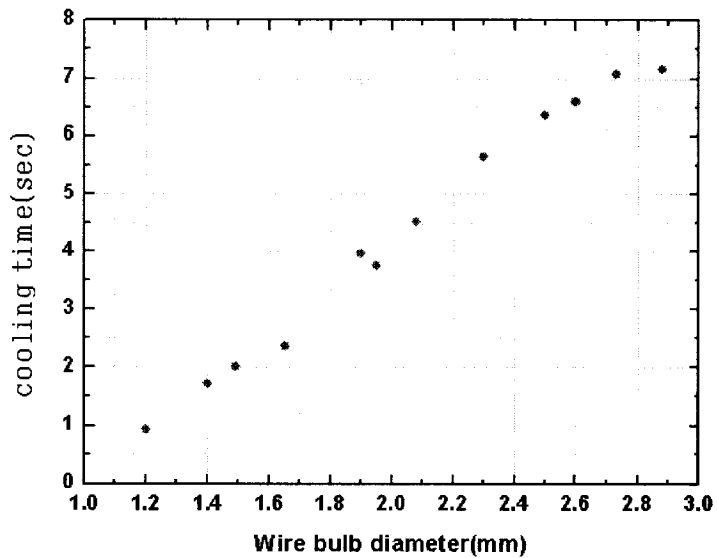


Fig. 3.4 Cooling time according to wire bulb diameter

용접 후 용구직경이 커짐에 따라 Cooling time도 선형적으로 증가하는 것을 볼 수 있다.

3.3.2 아크개시 불량 유형

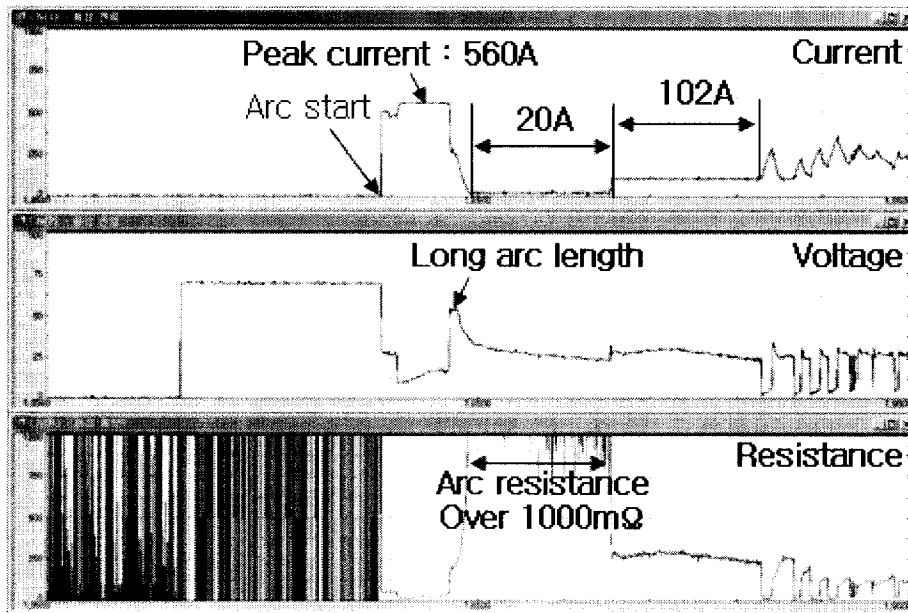


Fig. 3.5 Unstable waveform

본 장에서 Burn back 현상은 없었고, Sticking 현상은 실험의 모든 조건에서 관찰되었으며, Stickburn 현상은 Post flow 시간이 1.0sec일 때 용구직경이 1.90mm이상에서 자주 발생하였다. Fig. 3.5과 같이 아크개시가 불안정하게 성공하는 Unstable waveform이 Post flow time에 상관없이 용구직경이 증가할수록, 일정전류에서 용접전압이 감소할수록 많이 발생되었다.

3.3.3 용구직경에 따른 Post flow time 대한 아크개시 특성

Table 3.2 Arc start test by post flow time or wire bulb diameter

Welding current	Welding voltage	Post flow time	Wire bulb diameter
200A	21.3V	0.0sec	Variation(1.20~2.69mm)
		1.0sec	
		9.9sec	

Table 3.2는 용접 조건을 나타낸 것으로서 200A, 21.3V로 Post flow time 을 0.0sec, 1.0sec, 9.9sec로 하여 용구 직경을 1.20~2.69mm까지 변화시켰다.

Post flow 시간에 따라 용구직경을 변화시켜 아크개시 특성을 실험해 본 결과 Fig. 3.6와 같이 Post flow 시간이 감소할수록 아크개시 성공확률이 높아졌다. 또한 용구직경이 커지면 아크개시 불량률이 증가하였다. 하지만 용구크기가 2.40mm이상에서는 아크개시 불량률이 다시 감소하는데 그 원인은 Unstable waveform이 용구크기 2.40mm이상에서 많이 발생했기 때문이고, Unstable waveform을 아크개시 성공으로 판단했기 때문이다.

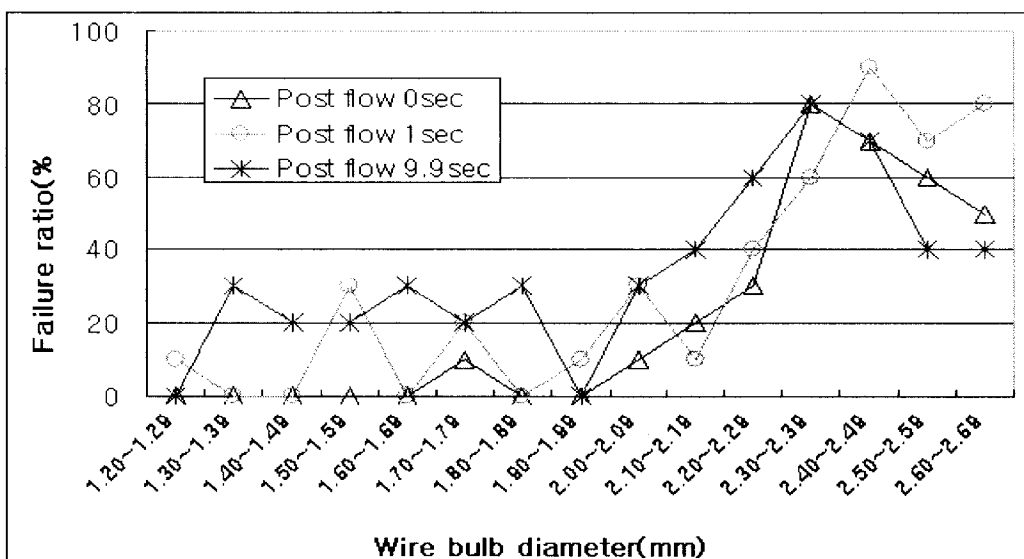


Fig. 3.6 Arc start failure ratio for wire bulb diameter in variable post flow time
(Setting current : 200A, setting voltage : 21.4V)

3.3.4 용접 전압에 따른 아크개시 특성

Table 3.3 Arc start test by welding voltage or wire bulb diameter

Welding current	Welding voltage	Post flow time	Wire bulb diameter
200A	19.3V	1.0sec	2.00~2.09mm 2.10~2.19mm 2.20~2.29mm
	20.3V		
	21.3V		
	22.3V		
	23.3V		

Table 3.3은 용접조건을 나타낸 것으로서 용접전류를 200A, 전압을 19.3~23.3V, Post flow time을 1.0sec로 하여 용구 크기에 따라 전압을 변화시켰다.

Fig. 3.7은 용접전류 200A에서 세 가지의 용구직경에 대하여 용접전압을 변화 시켜 아크개시 특성을 나타낸 것이다. 같은 전류에서 용구 크기에 무관하게 용접전압을 높일수록 아크개시 불량율이 감소하고, 용접전류 200A근방에서 아크개시가 중요 할 때는 용접전압을 22.3V이상으로 설정해야 된다고 판단된다.

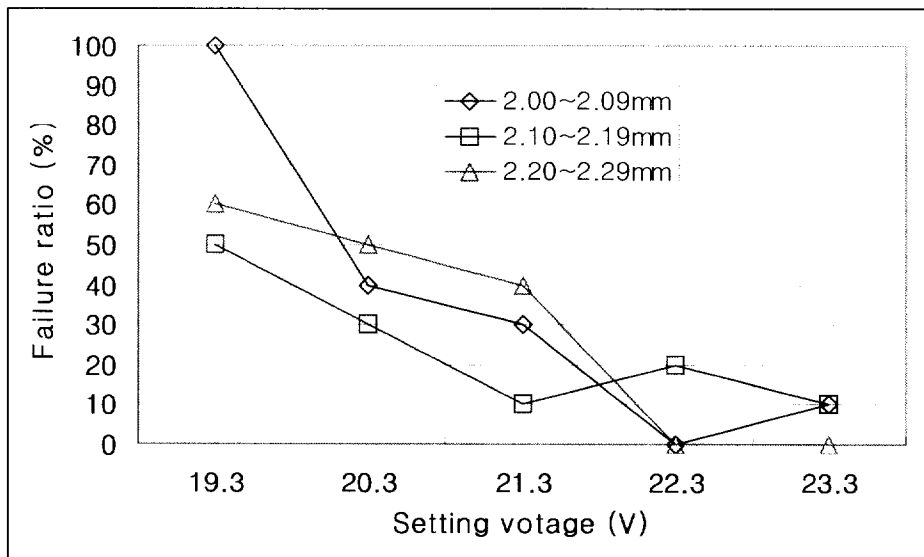


Fig. 3.7 Arc start failure ratio for wire bulb in variable setting voltage
(Setting current : 200A, Post flow time : 1sec)

3.3.5 용접전류에 따른 아크개시 특성

Table 3.4 Arc start test by welding current or welding voltage

Welding current	Welding voltage	Post flow time	Wire bulb diameter
150A	17.9~21.4V	1.0sec	2.00~2.09mm
200A	19.3~23.3V		
250A	20.4~24.4V		

Table 3.4는 용접조건을 나타내 것으로서 Post flow time과 Wire bulb dia.는 일정하게 두고 각 용접 전류에 따라 용접 전압을 변화시켰다.

Fig. 3.8는 용구 직경이 2.00~2.09mm일 때 각각의 용접전류에서 용접전압을 변화시켜 아크개시 특성을 나타낸 것이다. Fig. 3.8에서 각 전류에 해당되는 표준전압을 화살표로 나타내었다. 각 표준전압에서의 아크개시 특성을 보면 높은 전류 일수록 아크개시는 잘되고 높은 전류에서는 표준 전압보다 1.0V정도만 높게 하면 양호한 아크개시가 된다. 그러나 낮은 전류에서도 전압을 높이면 아크개시는 잘되지만 과도한 전압으로 인해 용접 품질이 불안정해진다.

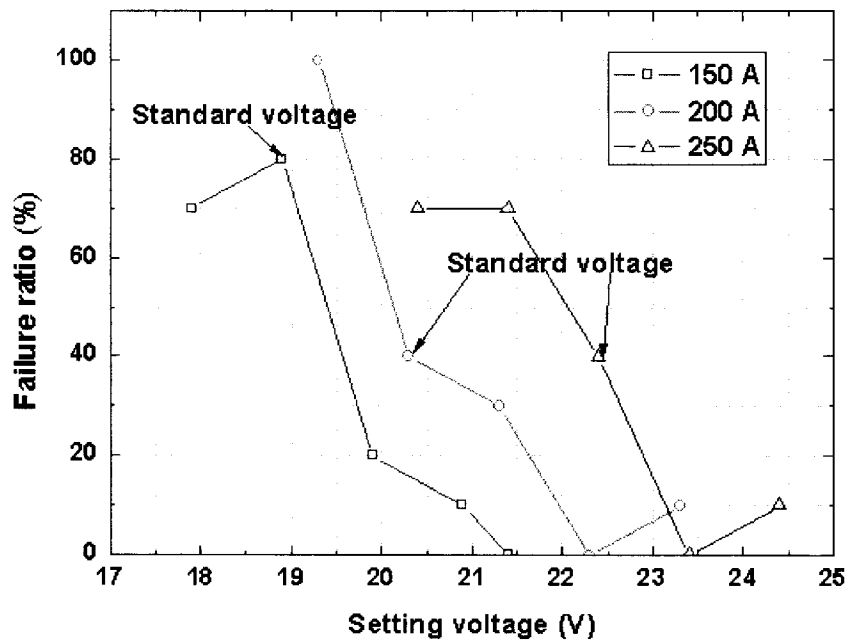


Fig. 3.8 Arc start failure ratio for setting voltage in variable setting current

(Wire bulb : 2.00~2.09mm, Post flow : 1sec)

3.4 결론

이상과 같은 아크개시 특성 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 본 실험에서 사용한 Digital inverter 용접기의 경우 Burn back mode가 발생되지 않았다. 이것은 초기의 와이어 송급특성이 양호하고 용접전류의 피크치가 560A이상 올라가지 않게 파형제어 되었기 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) 용접품질에 문제가 되지 않는 범위내에서 용접전압이 높이면 아크개시 불량률은 낮아졌다.

4) Standard voltage에서 용접전류가 높아질수록 아크개시 불량률은 낮아졌다.

제 4 장 GMAW에서 아크개시 성공 및 실패에 대한 평가기준 개발

4.1 서언

D, FARSON, et al.과 H.S.YU, et al., 그리고 P. ZHU, et al.의 연구에서는 Sticking에 대해서만 연구를 수행하였고, 아크개시 특성에 대해 정량적으로 연구를 많은 연구가 이루어지지 않은 상태이다. 따라서 아크개시 성공과 실패를 구분짓는 평가기준을 마련하고, 아크개시 불량 형태에 따라 용접저항을 계산하여 평가기준을 마련하여 자동용접 공정에서 인공지능을 써서 실시간을 판단 할 수 있는 기준을 확립하였다.

4.2 아크개시 성공 및 실패의 정의

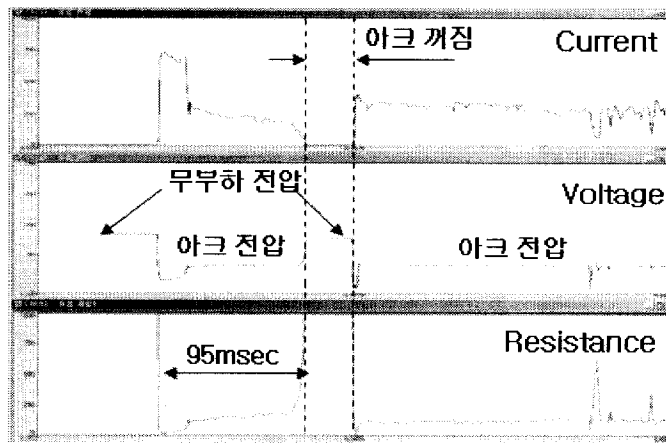


Fig. 4.1 Arc start failure waveform

아크개시 성공은 무부하 전압에서 아크 스타트와 동시에 전압이 감소하여 1초 이내에 다시 무부하 전압이 되지 않아야 하며, 스타트 전류 통전 이후 전류가

1초 이내에 0로 떨어지지 않아야 한다.

아크개시 실패의 경우 Fig. 4.1에서 보는것과 같이 아크개시 이후 1sec 이내에 전류가 0A, 무부하 전압이 발생되면 아크개시 실패가 된다.

4.3 결론 및 고찰

4.3.1 아크개시 성공시 용접파형

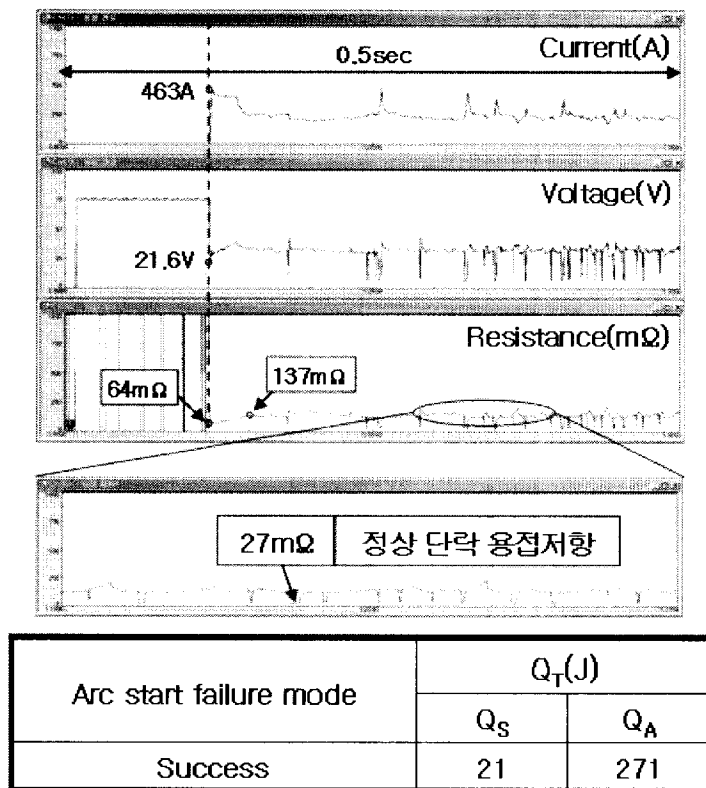


Fig. 4.2 Waveform by arc start success

Fig. 4.2는 아크개시 성공시의 파형으로 Q_T 에서 시간은 20msec로 하여 계산하였다. $Q_T=292J$ 로서 아크개시 실패의 경우에 비해 상당히 낮은 값을 가진다.

4.3.2 Sticking에 의한 용접과형

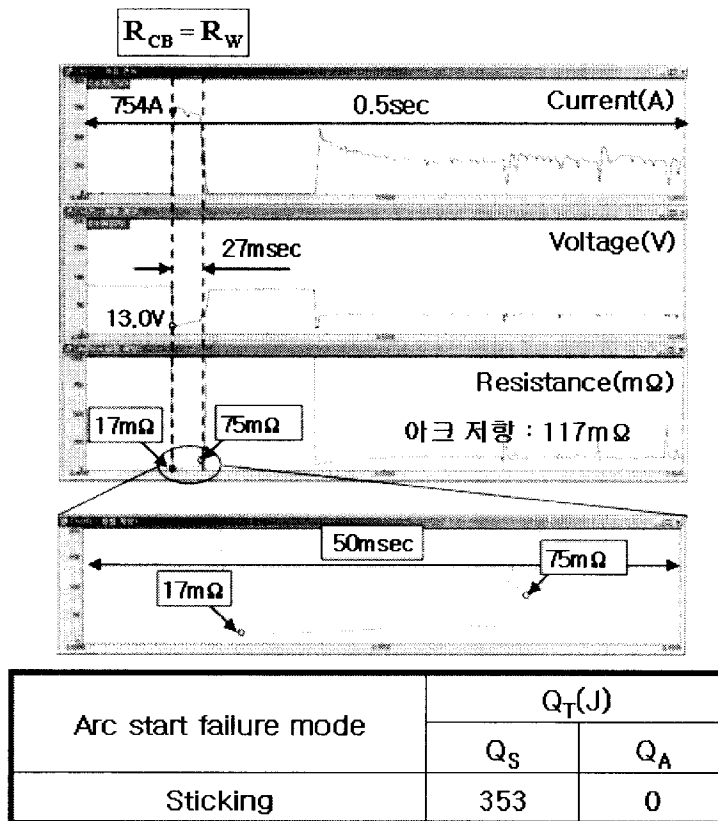
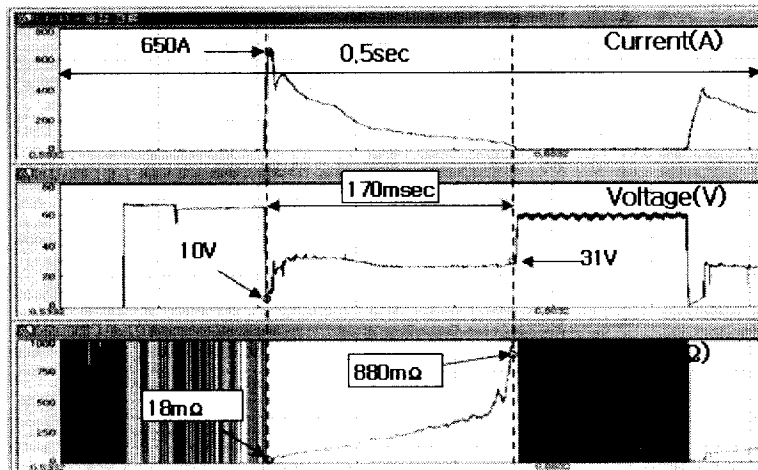


Fig. 4.3 Waveform at arc start failure by sticking

Fig. 4.3은 Sticking에 의한 아크개시 불량을 나타낸 것으로 초기 17mΩ의 낮은 저항값으로 인해 높은 아크개시 전류(754A)가 통전되고 27msec동안 와이어의 자체의 저항 발열에 의해 와이어가 튀어나가 아크개시 불량을 일으킨다. 이 경우 장기단락에 의해 아크가 꺼지기 때문에 아크발생이 생기지 않는다. 따라서 Q_S 는 존재하지만 Q_A 는 0가 되고 따라서 $Q_T=353J$ 이다.

4.3.3 Burnback에 의한 용접파형

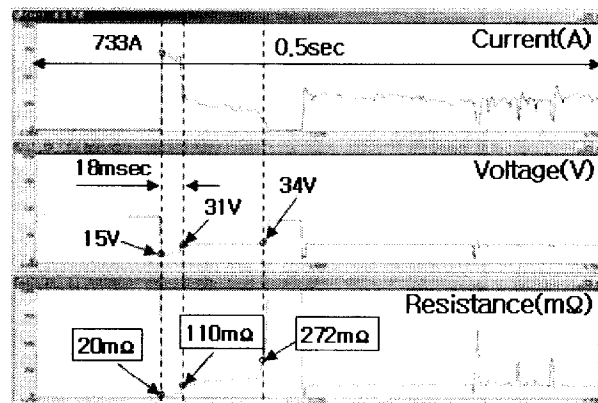


Arc start	$Q_T(J)$	
	Q_S	Q_A
Burnback	56	960

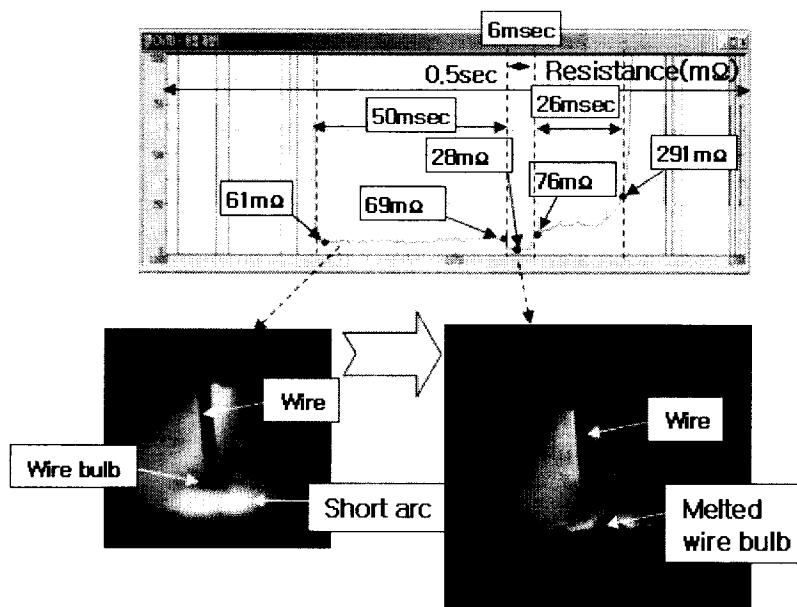
Fig. 4.4 Waveform at arc start failure by burnback

Fig. 4.4는 Burnback에 의한 아크개시 불량을 나타낸 것으로서 초기 $18m\Omega$ 이 후 바로 아크가 발생되어 170msec동안 낮은 와이어 송급으로 인해 아크길이 과대로 아크가 꺼지게 된다. 따라서 Q_S 값은 56J이 되고 Q_A 의 값은 960이 된다. Q_T 는 1016J이다.

4.3.4 Stickburn에 의한 용접 파형



(a) Stickburn mode by short circuit



(b) Stickburn mode by short arc

Arc start		Q _T (J)	
		Q _S	Q _A
Stickburn	(a)	265	538
	(b)	583	227

Fig. 4.5 Waveform at arc start failure by stickburn

Stickburn의 경우 Fig. 4.5와 같이 두가지 경우로 나누어 진다. 첫째, (a)의 경우는 초기 와이어와 모재가 20m Ω 으로 단락후에 18msec동안 용구가 가열되어 튀어나가고 바로 아크가 발생되지만 이미 와이어 자체가 저항발열에 의해 고온으로 예열된 상태이기 때문에 용융속도가 송급속도 보다 커져 아크길이 과대로 아크가 꺼지게 된다. 둘째, (b)의 경우는 초기 심한산화가 된 큰 용구가 모재와 접촉면서 Short arc가 발생되어 초기 접촉저항이 61m Ω 으로 높게 유지된다. 그 후 50msec동안 용구가 아크열과 와이어 자체의 저항발열에 의해 용융되고 28m Ω 으로 단락 후 아크가 발생되지만 긴 시간동안 와이어가 저항발열에 의해 고온으로 예열되어 있어 쉽게 용융하여 아크길이 과대로 아크가 꺼지게 된다.

Stickburn에 의한 아크개시 불량인 다른 형태로 발생되지만 Q_T값을 비교하면 (a)의 경우는 803J이고 (b)의 경우는 810J로서 비슷한 값을 가진다.



Fig. 4.6 Q_S AND Q_A according to failure mode

4.4 결 언

이상과 같이 GMAW에서 아크개시 성공 및 실패에 대한 판단기준을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 본 연구에서 아크개시 불량에 대한 판단기준을 마련하였다.
- 2) P. ZHU et al.은 와이어가 모재에 접촉시 균일하게 발열된다고 하였으며, D. PARSON et al.은 접촉시 아크는 발생되지 않고 저항발열에 의해 와이어 선단부부터 용융되어 아크가 발생된다고 하였으나 본 연구를 통해서 아크 개시는 접촉후 접촉저항과 아크발생열에 의해 아크스타트 한다는 것을 규명하였다.
- 3) D. FARSON, et al.은 Q_s 만을 고려하여 아크 스타트를 평가하였으나, 본 연구에서는 Arc Monitoring System을 사용하여 Fig. 4.6과 같이 아크 스타트 불량에 따른 Q_s 와 Q_A 를 정량적으로 나타내었으며, 따라서 실시간으로 아크 스타트 불량형태를 판단하는 것이 가능할 것이다.

제 5 장 결 론

GMAW에서 아크개시 불량 개선의 파형해석적 연구와 아크개시 성공과 실패에 대한 평가기준에 대한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) GMAW에서 파형해석적 연구를 통해 아크개시 불량에 형태에 대한 정의를 내릴 수 있었다.
- 2) 아크개시 불량 형태에 따른 원인을 규명함으로서 대처방안을 마련할 수 있게 되었다.
- 3) 용접전류와 용접전압이 높아질수록 아크개시 불량률은 낮아졌다.
- 4) 아크개시에 따른 Q_s 와 Q_A 를 계산함으로 인해 아크개시 불량 유형을 실시간으로 판단할 수 있게 되었다.

참 고 문 헌

1) D. FARSON, C. CONRARDY, J. TALKINGTON, K. BAKER, T. KERSCHBAUMER AND P. EDWARDS : Arc Initiation in Gas Metal Arc Welding, AWS, August 1998, pp.315-s~321-s

2) 유희수, 김남훈, 김희진 : CO₂ 고속용접에서의 파형제어에 관한 연구, 2004년도 춘계 학술발표대회 발표논문, 2004년 5월, pp.57~59

3) Metal Handbook

4) 대한용접학회 : 용접 • 접합 편람, (1998), pp.516-528

5) P. ZHU, M. RADOS and S.W. SIMPSON : Theoretical Predictions of the Start-Up Phase in GMA Welding, AWS, July 1997, pp.269-s~274-s

6) 笠上 文男, 中俣 利昭, 松蒲 卓治 : 新溶接技術の動向, 1998年 9月号, pp.87~95

7) 최규원 : GMAW에서 아크개시 특성 및 아크 안정성에 관한 연구, 부경대학교 대학원 석사학위 청구논문(2002), pp.14~28

감사의 글

2002년 6월 용접IT연구실에 첫 발을 내디딘 후 벌써 3년 다되었습니다. 연구실에서 학부와 석사과정을 거치면서 저의 인생을 다시 재설계하게 되었고, 저의 인생에 있어서 가장 큰 전환점이 되었습니다. 짧은 시간동안 여기까지 이끌어 주시고 기회를 주신 조 상명 교수님께 마음깊이 감사드립니다.

학부 및 대학원 과정을 지도해주시고, 논문 완성까지 질책과 격려를 아끼지 않으셨던 김우열 교수님, 박홍일 교수님, 김성규 교수님, 이병우 교수님, 방국수 교수님, 서원찬 교수님, 이길근 교수님께 진심으로 감사의 마음을 올립니다.

연구실에 처음 들어와 낯선 곳에서 생활하면서 많은 분들을 만난 것도 저에게 있어서는 커다란 재산이었습니다.

직장생활과 연구를 병행하면서도 실험실의 정신적 지주가 되어주신 오동수 선배님, 황동수 선배님, 지정민 선배님, 고명훈 선배님께 감사드립니다.

실험실과 항상 좋은 관계를 유지하고 실험실에 대해 전폭적으로 지원을 아끼지 않는 모니텍 코리아에 이광원 선배님, 조호재 선배님, 윤훈성 선배님, 윤창준님, 이정민님께 감사드립니다.

항상 부족했던 저를 위해 많은 도움을 아끼지 않으셨던 공현상 선배님, 임성룡 선배님, 박찬우 선배님, 김진우 선배님, 김기정 선배님, 탁정수 선배님, 박대규 선배님, 박금기 선배님, 김덕원 선배님께 감사드리며 하시는 일마다 건승하시길 기원합니다. 그리고 연구실로 컴백하셔서 지금은 잘나가는 기술소장님을 계신 감 병오 박사님께 감사의 마음전합니다. 대학원 생활에 있어서 값진 고마움을 주신 고미혜님, 조성우님, 유광선님, 조진안님, 허상준님, 김영주님, 김인태님, 김대만님, 함효식님, 김진욱님, 윤승종님, 황규민님, 배광무님, 박동준님, 박재선님에게도 고마움을 전합니다. 또한, 연구실 살림꾼 김외숙님께도 진심으로 감사의 마음을 전합니다. 학업을 같이 한 손영진님, 노중석님에게도 고마움을 전합니다.

부족한 저의 옆에서 힘이 되어준 친구 은경, 은정, 민수, 수형에게 감사의 말을 전하고 싶습니다.

끝으로, 지금까지 학업을 계속할 수 있게 뒤에서 묵묵히 지원해주신 부모님, 형, 누나, 자형, 동생들 그리고 이쁜 조카들한테도 감사의 마음을 전하면서 이 논문을 마칩니다.