2004년도 추계 학술발표대회 발표논문, 2004년 11월, 천안

GMAW에서 아크 스타트 성공 및 실패에 대한 평가기준 개발

Development of Evaluation Criteria for Arc Start Success and Failure in Gas Metal Arc Welding

박 덕조*, 유 광선*, 조상명**
* 부경대 대학원 소재프로세스공학과
** 부경대 신소재공학부 소재프로세스공학전공

1. 서 론

확실한 아크 스타트는 자동화 GMAW에서 매우 중요하다. 아크 스타트 불량은 용접비드의 시작부에 불량을 발생시킨다. 특히 박판에 짧은 용접비드로 용접할 경우나 고속으로 용접할 경우에 아크 스타트가 불량 발생에 가장 큰 영향을 미치는 요소가 된다.

아크 스타트 실패는 3가지로 나뉘어 질수 있다. 첫 번째, Sticking에 의한 아크 스타트 실패, 두 번째, Burnback에 의한 아크 스타트 실패, 세 번째는 Sticking과 Burnback이 동시에 발생되는 Stickburn이다. 그러나 현재 이러한 아크 스타트 불량을 정량적으로 판단하여 성공과 실패로 구분짓는 기준이 미흡한 실정이다. D, FARSON[1]등과 笠上 文男[2]등의 연구에서는 단지 Sticking만 다루었고 성공과 실패를 구분짓는 기준을 명확하게 제시하지는 않았다.

본 연구에서는 각각의 아크 스타트 실패 모드에 대해 용접저항을 정량적으로 분석하여 아크 스타트 성공 및 실패에 대한 평가기준을 마련하였다.

2. 용접저항의 정의 및 온도에 따른 와이어의 고유저항 특성

2.1 용접저항의 정의

용접저항(R_{CB})은 Fig. 1과 같이 Contact tip 선단부에서 모재까지의 저항으로서 R_{CB}=와이어 저항(R_W)+아크 저항(R_A)으로 표현할 수 있다.

Table 1에는 R_W에 미치는 인자를 나타내었다. 그리고 R_{PC}는 용접기 +단자에서 컨택팁 선단부까지의 저항이며, R_{BN}은 모재에서 용접기의 -단자까지 저항을 의미한다. 본 연구에서 R_{PC} 및 R_{BN}은 항상 일정하다고 가정하였다.

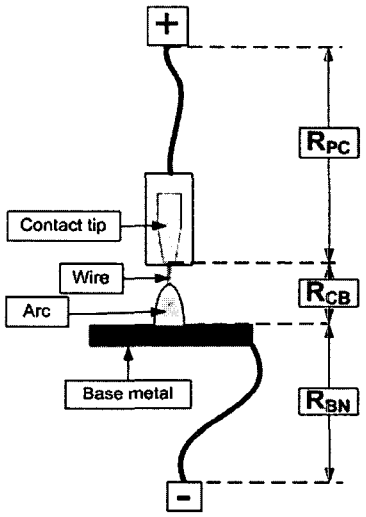


Fig. 1 Determination of welding resistance

R_{CB}=와이어 저항(R_W)+아크 저항(R_A)

Table 1 The parameter to influence on the R_W

R_W	Extension of wire
	Resistivity of wire
	Dia. of wire bulb
	Oxidation condition of wire bulb

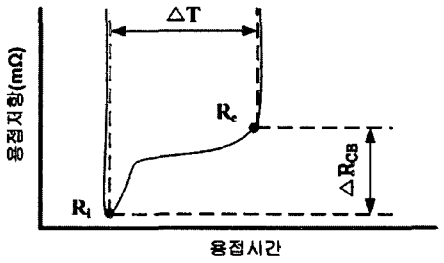


Fig. 2 Determination of ΔR_{CB} and ΔT

$$\Delta R_{CB} = Re - Ri$$

Fig. 2는 아크 스타트 성공과 실패 평가시 적용된 ΔR_{CB}, ΔT를 구하는 방법을 나나낸 것이다.

2.3 온도에 따른 와이어의 고유저항 특성

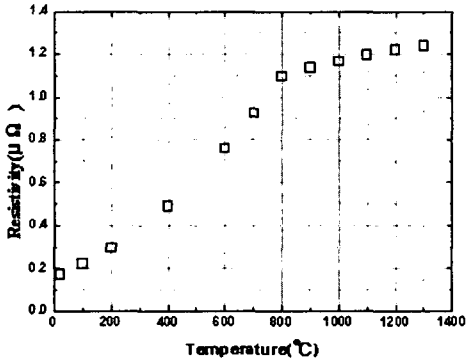


Fig.2 Resistivity of steel wire according to temperature

3. 아크 스타트 특성에 따른 용접파형

3.1 아크 스타트 성공시 용접파형

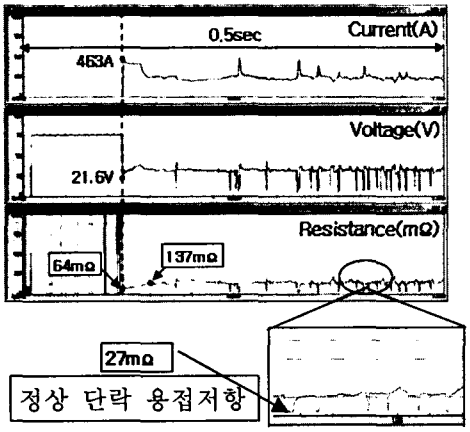


Fig. 3 Waveform by arc start success

안정적인 아크 스타트를 나타낸 Fig. 1에서 R_i는 64mΩ이고 R_e는 138mΩ이었다.

Arc start	R_i	R_e	ΔR_{CB}	ΔT
Success	64	137	73	-

3.2 Sticking에 의한 용접파형

Sticking에 의한 아크 스타트 실패는 초기장기 단락으로 인해 높은 전류가 흐르게 되고 와이어가 Joule heating되어 결국 와이어가 송급력을 견디지 못하고 이탈되어 아크 스타트 실패가 된다. 이 때 초기 장기단락시 아크가 발생되지 않으므로 $R_{CB}=R_W$가 된다.

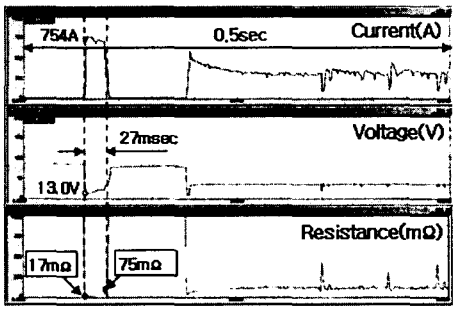
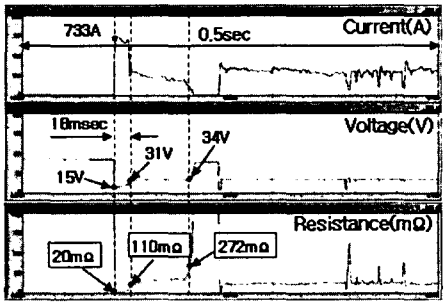


Fig. 4 Waveform at arc start failure by sticking

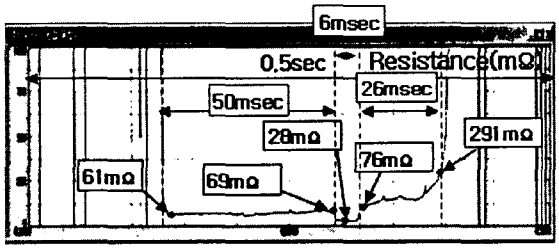
Fig. 4에서 Ri=17mΩ, R_e=75mΩ이고 단락시간은 27msec이다.

Arc start	R_i	R_e	ΔR_{CB}	ΔT
Sticking	17	75	58	27

3.4 Stickburn에 의한 용접파형



(a) Stickburn mode by short circuit



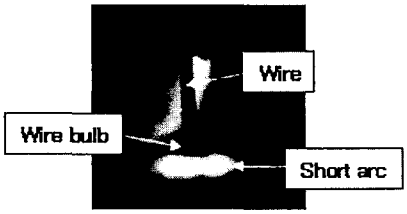
(b) Stickburn mode by short arc

Fig. 6 Waveform at arc start failure by stickburn

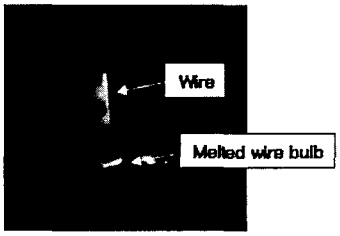
Stickburn에 의한 아크 스타트 실패는 큰 용구와 빠른 Slow down에 의해 자주 발생되고 Fig. 6과 같이 2가지 형태로 아크 스타트 실패가 발생한다. 2가지 모두 단락과 아크 재점호라는 현상이 발생된 후 저항 증가로 아크 스타트가 실패된다.

Fig. 6 (a),(b)의 가장 큰 차이는 R_i가 Fig. 6(a)은 20mΩ이고 Fig. 6(b)은 61mΩ으로 3배정도 차이가 난다. 그 원인은 Fig. 7(a)와 같이 와이어가 모재에 접촉시 Short arc의 유무에 따라서 R_i가 달라지기 때문이다. Fig. 7(b)는 Short arc에 의해 용구가 용융된 후 정상단락으로 용접저항이

감소한다.



(a) Occurrence of short arc(61mΩ)



(b) Melting of wire bulb before short arc(28mΩ)

Fig. 7 Initiation arc and melting before arc start failure by stickburn

Arc start		R_i	R_e	ΔR_{CB}	ΔT
Stickburn	(a)	20	272	252	95
	(b)	61	291	230	82

3.3 Burnback에 의한 용접파형

Burnback에 의한 아크 스타트 실패는 높은 초기 전류와 낮은 Slow down속도, 작은 용구에 의해 빈번히 발생한다.

Fig. 5는 Burnback 발생시 저항값을 나타낸 것으로 아크 발생 후 용접저항의 과대로 스타트가 실패한 경우이기 때문에 $R_{CB}=R_W+R_A$가 된다. R_i=18mΩ, R_e= 880mΩ이고 ΔT=170msec이다.

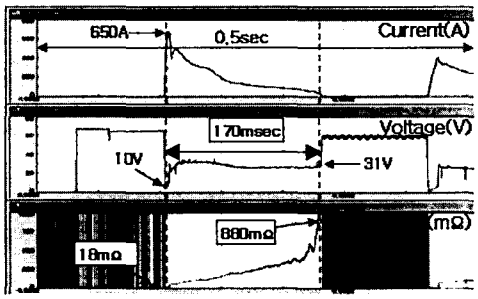


Fig. 5 Waveform at arc start failure by burnback

Arc start	R_i	R_e	ΔR_{CB}	ΔT
Burnback	18	880	862	170

4. 결과 및 고찰

4.1 아크 스타트 성공 및 실패에 대한 평가기준

Table 2 Evaluation Criteria for Arc Start Success and Failure

Arc start	**Evaluation Criteria**
Success	① 무부하 전압에서 아크 스타트와 동시에 전압이 감소하여 다시 무부하 전압이 되지 않는다. ② 아크 스타트 이후 전류가 0A로 떨어지지 않는다.
Sticking	초기 용접저항 20mΩ이하, 단락시간 20msec이상, 용접전류 500A이상이 되어서 Wire가 Joule heating 되고 그 후 전류는 0A, 전압은 무부하 전압이 되어야 한다.
Stickburn	단락저항(30mΩ이하) 또는 Short arc 저항으로 Wire가 Joule heating 되고 아크 재점호 현상이 연결된 후 저항 증가(200mΩ이상)로 전류가 0A, 무부하 전압 有가 되어야 한다.
Burnback	아크 스타트와 동시에 아크가 생성되고 단락없이 계속적인 저항증가로 ΔT가 170msec이상 되면서 전류가 0A, 무부하 전압 有가 되어야 한다.

아크 스타트 실패 모드가 발생하면 3가지 경우 모두 최종적으로 전류가 0A가 되고 무부하 전압 有가 된다.

4.2 ΔR_{CB} 및 ΔT의한 아크 스타트 현상

Stickburn과 Burnback의 경우 ΔR_{CB}가 200mΩ이상이 되면 발생할 확률이 커진다. Sticking의 경우 ΔR_{CB}가 Success경우와 비슷하나 R_i 및 R_e가 Success에 비해 2~3배 정도 작기 때문에 평가기준으로 가능하다.

5. 결 론

GMAW에서 아크 스타트 성공 및 실패에 대한 실험으로 각각의 아크 스타트 특성에 대한 평가기준을 확립하였다.

1) 아크 스타트가 성공한 경우 아크 발생이후 전류는 0A가 되지 않고, 무부전압도 발생하지 않는다.
2) Sticking의 경우 낮은 용접저항(20mΩ이하)과 장기단락(20msec이상)시 발생한다.
3) Stickburn의 경우 초기 낮은 단락저항(30mΩ이하) 또는 Short arc 이후 정상아크가 발생하여 생긴다.
4) Burnback은 초기 정상아크가 발생하여 지속적인 용접저항 증가로 발생한다.