

CO₂용접에서 와이어와 토치 각도가 아크개시에 미치는 영향 평가를 위한 6σ 적용

The Application of 6σ to Evaluate the Effect of Wire and Torch Angle on the Arc start Characteristics in CO₂ Welding

최 규 원*, 박 찬 우*, 임 성 룡*, 이 광 원**, 조 상 명***

* 부경대학교 대학원 생산가공공학과, 부산 ** 모니텍 코리아, 부산

*** 부경대학교 재료공학부 생산가공공학전공, 부산

1. 서언

아크 용접에 있어서 아크 개시 특성은 용접 공정에서 중요한 요소 중 하나이다. 용접기의 아크 개시 특성을 평가하는 기준으로 아크 개시 성공률을 논해왔다. 이러한 아크 개시 특성은 표면상태, 용접조건에 따라 달라지는데 아크 개시 성공률만으로 평가한다는 것은 한계가 있다. 따라서 이러한 아크 개시 특성에 대한 정량적인 파라미터 및 평가 수법의 개발이 요구된다. 본 실험에서는 아크 개시 특성에 미치는 용접조건 중 진행각 변화에 따른 영향과 와이어에 의한 영향, 그리고 필릿 용접에서의 조준위치에 의한 영향을 평가하고, 6σ 기법을 적용하여 검토하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

아크 개시 특성 실험에서는 흑피(Black rust)가 존재하는 연강판(두께 6mm, 폭20mm, 길이 40mm)위에 출력 전류·전압 245A-25V, 속도 60cm/min, CTWD(Contact tip to work distance) 15mm 아래보기자세로 주행대차를 이용하여 비드 놓기 용접을 실시하였다. 용접 와이어는 직경 1.2mm 솔리드 와이어와 플럭스 코어드 와이어를 사용하였고, CO₂ 25 l/min을 사용하였다. 용접실험에는 정격용량 350A CO₂/MAG 인버터 용접기를 사용하였다. 본 실험에서는 진행각에 따른 아크 개시 특성을 평가하기 위해 수직 즉 진행각 0° 를 기준으로 전진각 후진각을 각각 10° 간격으로 40° 까지 변화시켰다. 또한 필릿 용접시 조준위치 즉, 루트 부에서 토치의 조준위치까지 거리에 따른 아크 개시 특성을 평가하였다. Table 1에 실험에 사용한 용접조건을 나타내었다. 각 조건에서 30회씩 용접을 반복 실시하였으며 용접 파형을 아크 모니터링 시스템으로 계측 분석하였다. 파형 분석은 아크 개시 후 1초 동안의 각종 파라미터에 의해 수행하였다. 분석한 데이터는 6σ 분석용 소프트웨어를 사용하여 아크 개시 성공률과 주요 파라미터의 상호관계를 검토하였다. 아크 개시 특성 평가에서는 초기 아크 개시 후 1초 동안의 파형에서 한번이라도 아크 끊김이 발생하면 실패로 간주하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 진행각 변화에 따른 용접전류 파형을 나타낸 것이다. 진행각이 커질수록 불안정한 파형을 보이고 있다. 전진법 보다 후진법이 아크가 안정한 것을 볼 수 있다. 전진법은 후진법에 비해 많은 스파터가 발생하였고, 아크가 다소 불안정하게 되었다.

Fig. 2는 진행각 변화에 따른 아크 개시 성공률과 용접저항의 변화를 나타낸 것이다. 진행각이 커질수록 전진법 후진법 모두 아크 개시 성공률은 감소하였고, 용접저항은 증가하였다. 전진법, 후진법 모두 진행각 40° 까지는 아크개시 성공률이 90%이상은 되는 것으로 나타났다.

Fig. 3은 진행각 변화에 따른 전류의 변화에 대해 6σ의 공정능력을 비교한 것이다. 본 연구에서는 편의상 진행각 0° 의 전류 산포에 대한 평균치(μ)와 표준편차(σ)를 계산하여 이 값을 이용하여 USL(평균치+6σ), LSL(평균치-6σ)을 구하고, 다른 전진각, 후진각에 대한 전류 산포를 비교하였다. 진행각이 커질수록 전류는 산포가 커졌다.

Fig. 4는 진행각의 변화에 따른 전류의 Cp(단기 공정능력지수)값의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 후진각 10° 의 Cp값이 진행각 0° 에 비해 약간 올라갔으나 전체적으로 각도가 커질수록 Cp값은 감소하고 있다. 여기서, 아크 개시 특성 평가를 보다 정밀하게 수행하기 위해서는 전류의 산포특성을 정밀분석 하여 Cp를 구하여 활용하는 것이 요구된다.

Fig. 5는 솔리드 와이어와 플럭스 코어드 와이어를 사용했을 때 용접전류에 대한 Cp(단기공정능력

지수)를 비교한 것이다.

Fig 6은 수평 필릿 용접 자세에서 루트부에서 토치까지의 거리를 0, 2mm 변화시켰을 때 6σ 공정 능력 변화를 비교한 것이다. 조준위치가 중심에서 2mm 떨어졌을 때가 조준위치가 중심인 경우 보다 아크 개시 특성은 좋지 못하였다.

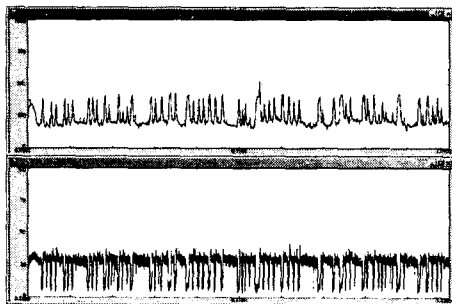
4. 결론

CO₂ 용접시의 진행각의 변화, 와이어 종류, 필릿 용접시 조준위치에 따른 아크 개시 특성을 비교, 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

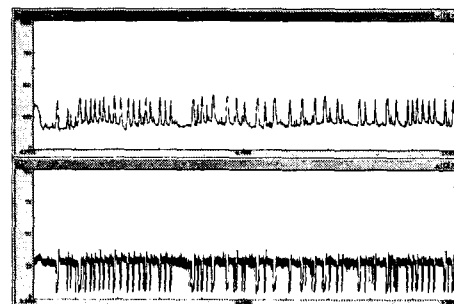
- 1) 진행각이 커질수록 아크개시특성은 불안정하였다. 전체적으로 전진법 보다 후진법에서의 아크 안정성은 양호하였다.
- 2) 플렉스 코어드 와이어는 솔리드 와이어에 비해 아크 개시 특성은 떨어졌다.
- 3) 필릿 용접시 아크 개시 특성은 토치를 루트에 조준하였을 때보다 2mm 떨어진 위치에 조준했을 때 더 불량해졌다.
- 4) 아크 개시 특성은 단순히 아크 개시 성공률만으로 평가하기보다는 공정능력 분석에 의한 진류의 산포 특성을 고려하여 Cp(단기공정능력지수)로 판단하는 것이 유리하다.

Table 1 Experimental condition for arc starting test

Welding condition			Progress angle of torch	
	Solid wire	Flux cored wire	Forehand angle	Backstep angle
Wire feeding rate	759cm/min	758.5cm/min	0° , 10° , 20° , 30° , 40°	
Output current	245A	245A	CTWD	Base metal
Output voltage	25V	30V	15mm	SS400, Black rust



(a) Forehand angle 10°



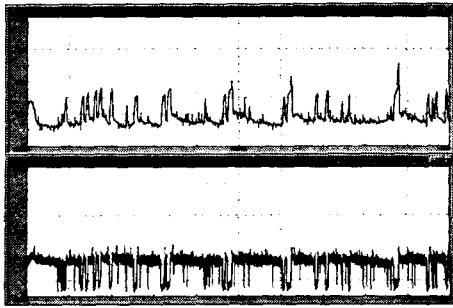
(b) Backstep angle 10°



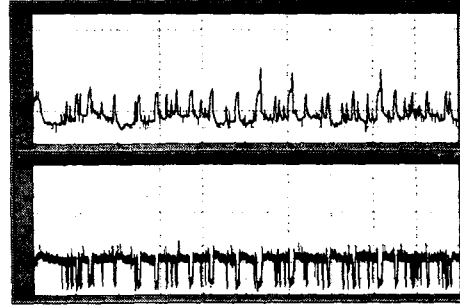
(c) Forehand angle 30°



(d) Backstep angle 30°

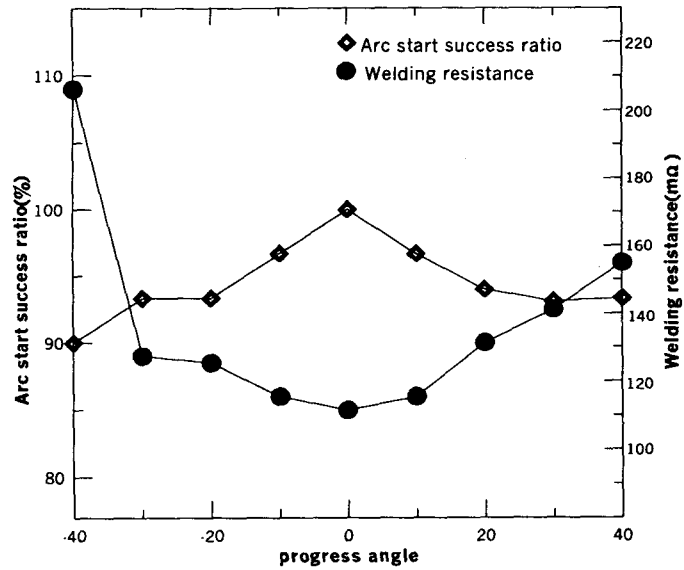


(e) Forehand angle 40°



(f) Backstep angle 40°

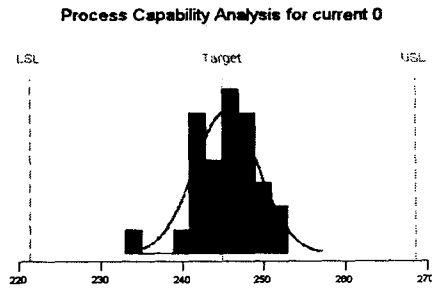
Fig. 1 Waveforms by the different progress angle of torch



- : forehand angle

+ : backstep angle

Fig. 2 Arc start success ratio and welding resistance to progress angle of torch



(a) Progress angle 0°

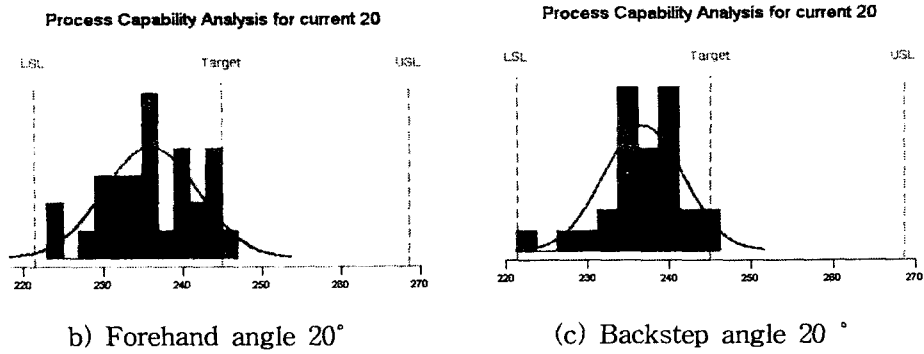


Fig 3. Distribution of current as the different progress angle by 6 σ analysis

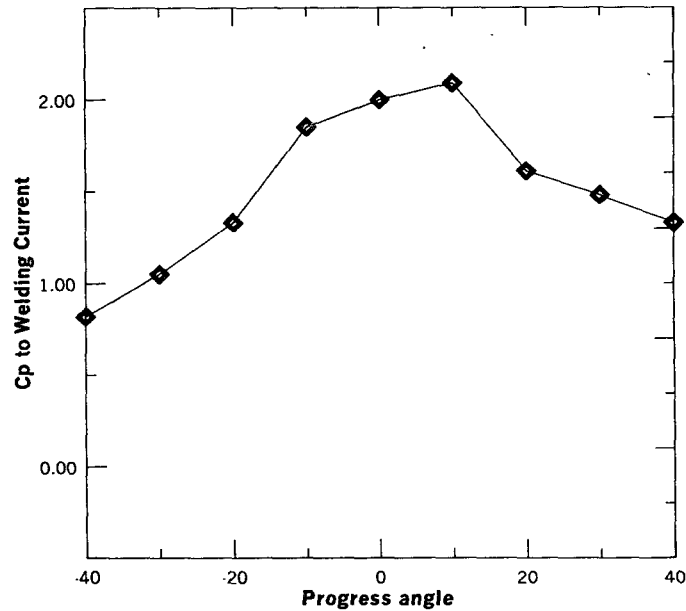


Fig. 4 The relation of Cp to current by progress angle

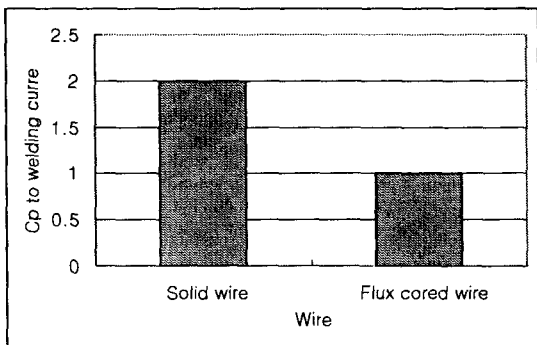


Fig. 5 Comparison of Cp to current for solid and flux cored wire (progress angle 0°)

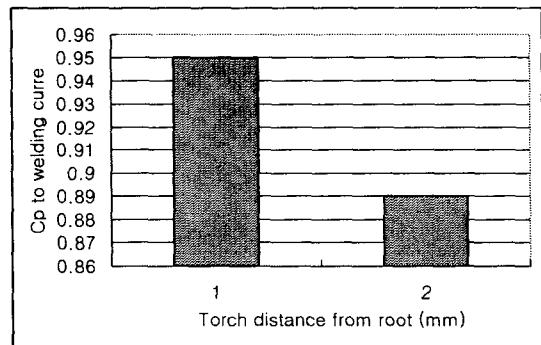


Fig. 6 Comparison of Cp to current as the torch distance from root in fillet welding by 6 σ analysis (work angle 45°)