

# 6σ를 이용한 정밀 저항 용접기의 출력 안정성 평가

Application of 6σ for Output Stability Evaluation of the Micro Spot Welding Machine

홍성준\*, 박정규\*, 홍순국\*, 조성우\*\*, 조상명\*\*\*

\* LG생산기술원

\*\* 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

\*\*\* 부경대학교 신소재공학부 생산가공공학전공

**ABSTRACT** Many factors, such as welding current, welding time, force, electrode shape, the output stability of a welding machine, are closely related with micro spot series welding. Of those factors, the output stability evaluation of the welding machine would be checked first. In this study, we applied 6σ to evaluation for the output stability of the welding machine. We estimated output stability and control stability of the welding machine by using Cp(process capability), Ppk and 4-block diagram. Therefore the problem was solved in micro spot series welding process and the problem of output control in welding machine by 6σ tool.

## 1. 서 론

저항 용접공정에 있어서 품질에 영향을 미치는 인자로서는 전극 형상, 용접 재료의 특성, 용접 전류 출력 안정성 등 많은 변수들이 있다. 저항 용접을 제어하는 많은 변수들 중에서 용접기의 출력 안정성 평가는 아주 중요한 요소라고 생각된다. 다른 조건들이 완벽하게 안정되어 있더라도 용접기의 출력이 불안하다면 Splash, 강도부족, 전극 소모 등 여러 문제가 발생할 수 있다. 따라서 용접기 출력 안정성 평가가 가장 먼저 실시되어야 할 것이다. 본 연구에서는 용접 공정의 정밀한 관리를 위해 6σ를 이용한 정밀 저항시리즈 용접기의 출력 안정성의 평가 방법에 대해 연구하였다. 특히 공정능력지수를 이용하여 Up-slope 시간의 출력 안정성과 피크전류비(=피크전류/평균전류, Rpc)의 안정성 및 평균전류의 출력 안정성을 평가하였다.

## 2. 실험 방법

용접기의 출력 안정성 평가를 위해 사용된 용접기는 정밀 저항 인버터 용접기이며 총 7대(2종류)를 사용하였다. 피용접재는 흑화 피막이 형성된 SPCC와 Invar를 사용하였으므로 초기의 접촉저항이 매우 큰 공정이다. Table 1은 용접조건을 나타낸 것이다.

Table 1 Welding condition

Welding controller	Inverter DC
Inverter Output	1000Hz
Specimen	SPCC ( 1t )
	Invar ( 0.15t )
Force	1.5~4.2kgf
Welding Current	690~820A
Electrode	Cu-Cr(CF-type)

용접기의 출력 전류파형을 예측하기 위하여 저항 모니터링 시스템을 사용하였다.

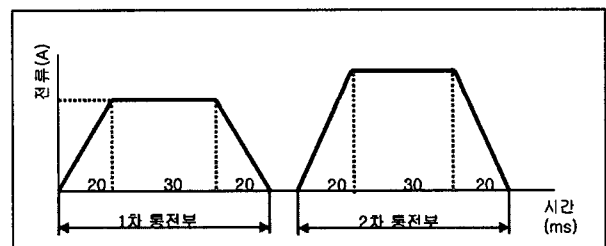


Fig. 1 Schematic of welding program for welding experiment

Fig. 1은 용접 실험에 적용한 2차 통전 파형의 모식도이다. 여기서는 초기 접촉 저항이 크기 때문에 1차 통전부는 Up-slope부분의 전류 파형이 불안정하고, 2차 통전부에서는 너깃 생성을 시키게 되는데 그 평균전류가 중요하다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2와 Fig. 3은 A, B용접기의 대표적인 파형이다. A용접기는 초기에 전류의 이상적인 파형이 나타나서 초기 날림이 자주 발생하는 등 공정이 불안정하였다.

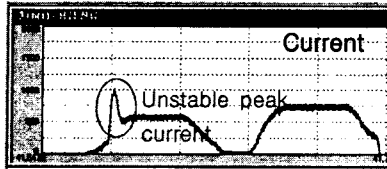


Fig. 2 Waveform of welder "A"

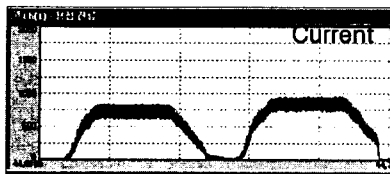


Fig. 3 Waveform of welder "B"

3.1 1차 통전부의 공정능력 분석

1차 통전부에 대해서는 Up-slope시간과 Rpc(Ratio of peak current)에 대한 공정능력 분석을 하였다. 다만 모든 데이터에 대한 정규성 검증은 선행하였다.

3.1.1 Up-slope 시간에 대한 공정능력 분석

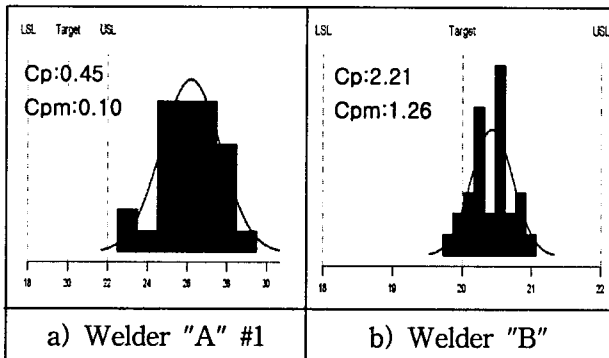


Fig. 4 Cpm for Up-slope time

Table 2 Cpm of Up-slope for each welder

W/M	Welder "A"						Welder "B"
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#1
Cp	0.45	0.04	0.28	0.07	0.31	0.08	2.21
Cpm	0.10	0.02	0.10	0.03	0.13	0.04	1.26

Fig. 4는 Up-slope 시간에 대한 공정능력을 분석한 것이다. 그 결과 B용접기가 A용접기 보다

Up-slope설정 타겟에 거의 일치하고 산포가 작음을 알 수 있었다. 따라서 B용접기가 A용접기 보다 출력 안정성이 뛰어난을 알 수 있었다.

3.1.2 초기 피크전류비 Rpc에 대한 공정능력분석

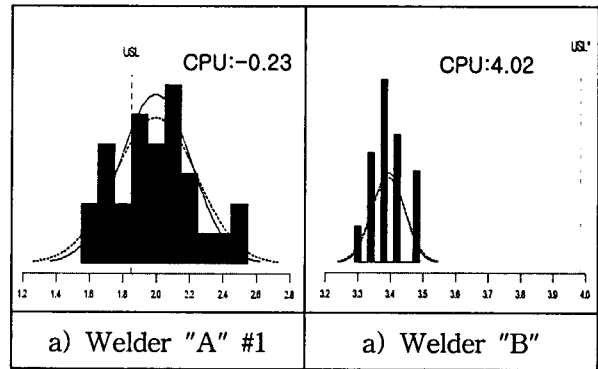


Fig. 5 CPU for each welder's Rpc

Table 3 CPU for each welder's Rpc

W/M	Welder "A"						Welder "B"
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#1
CPU	-0.23	-0.09	-0.05	-0.58	0	0.96	4.02

1차 통전부 Up-slope 후반부에서 불안정한 피크전류가 형성되어 날림이 발생하는 것을 평가하기 위해 Rpc를 계산하여 공정능력을 분석한 것이다. Table 3은 각 용접기의 CPU를 보인 것이다. B용접기의 CPU값이 A용접기에 비해 상대적으로 높음을 알 수 있었다. 따라서 B용접기의 출력특성이 A용접기 보다 뛰어난을 알 수 있었다.

3.2 2차 통전부의 전류에 대한 공정능력분석

2차 통전부는 너기를 생성시키고 용접부 강도를 결정하므로 평균 전류가 중요하다. 따라서 평균용접전류에 대한 공정능력을 분석하였다.

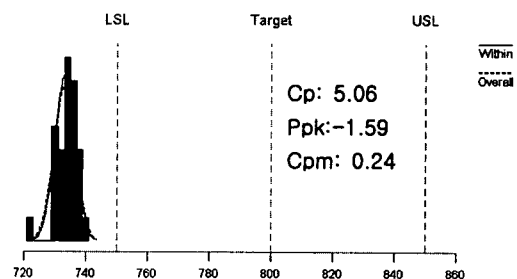


Fig. 6 Process Capability for Welder "A" #1 (Current)

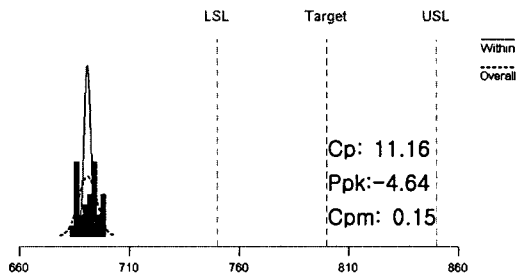


Fig. 7 Process Capability for Welder "A" #2

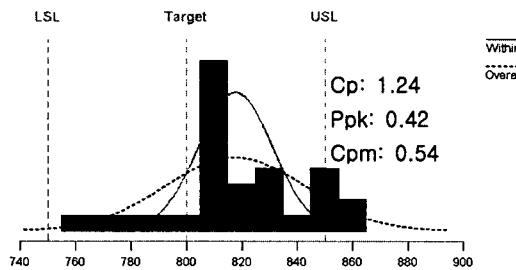


Fig. 8 Process Capability for Welder "A" #6

Table 4 Cp, Ppk for each welder

Welder "A"						
W/M	#1	#2	#3	#4	#5	#6
Cp	5.06	11.6	6.78	6.36	4.27	1.24
Ppk	-1.59	0.15	-0.99	-3.10	3.23	0.42

Table 4는 용접기별 Cp와 Ppk이다. 이것을 분석한 결과 Cp값은 모두 높았다. 즉, 용접기의 출력 전류는 거의 일정하기 때문에 용접기의 출력 상태는 비교적 양호함을 알 수 있었다. 그러나 Ppk는 모두 낮았다. 즉, 용접기의 출력 전류가 관리목표전류와 차이가 있으므로 용접조건의 관리 상태는 불량함을 알 수 있었다.

이 값들을 다시 4-Block Diagram으로 나타내기 위해 용접기별 Zst와 Zshift를 각각 구하였다.

Table 5 Zst & Zshift for each welder

Welder "A"	Zst	Zshift
#1	15.18	19.95
#2	33.48	47.4
#3	20.34	23.31
#4	19.08	28.38
#5	12.81	3.12
#6	3.72	2.46

Table 5는 용접기별 Zst와 Zshift이다.

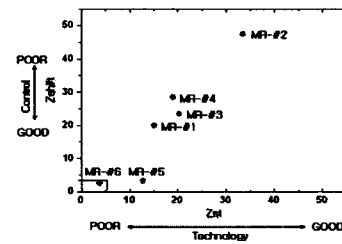


Fig. 9 4-Block Diagram for each welder

Fig 9는 용접기별 출력 특성(Zst) 및 관리 수준(Zshift)에 대한 4-block diagram이다.

Fig 9를 분석해 보면 용접기(6번 용접기 제외)의 대부분은 기술력(Technology)상태는 양호하나 관리(Control)상태는 불량함을 알 수 있다.

관리 상태가 불안정한 원인을 분석한 결과 용접기별 설정 전류가 다름을 알 수 있었다. 또한 설정 전류가 다른 원인을 분석한 결과 근본적인 원인은 용접기별 가압력이 다르기 때문임을 알 수 있었다. 결국 관리 상태를 향상 시키기 위해서는 용접기별 가압력을 일정하게 하는 것이 급선무인 것으로 판단된다.

6번 용접기는 다른 용접기와 다르게 Zst값이 낮았다. 이것은 용접기의 출력 상태 불량이 원인인 것으로 판단된다. 따라서 6번 용접기의 경우는 제어 프로그램의 개선 또는 통전 조건 개선(통전시간 등)이 요구된다.

#### 4. 결 론

정밀 저항 시리즈 용접기의 출력 안정성을 공정 능력 분석한 결과 다음과 같은 사실을 알 수 있었다.

- 1) 60의 공정 능력 분석에 의해 용접기의 출력 안정성 평가를 할 수 있었다.
- 2) Up-slope 시간을 공정 능력 분석한 결과 B용접기가 A용접기 보다 Cp와 Cpm이 모두 높으므로 출력 안정성이 양호함을 알 수 있었다.
- 3) Rpc값을 공정 능력 분석한 결과 B용접기가 A용접기 보다 CPU값이 높으므로 출력 안정성이 양호함을 알 수 있었다.
- 4) 공정 능력 분석 결과, 용접기별 공정 관리가 불안한 것으로 판정된 이유는 용접기별 가압력이 일정하지 않았기 때문이다. 따라서 용접공정 관리를 위해 용접기별 가압력을 일정하게 하는 것이 필요하다.