2004년도 추계 학술발표대회 발표논문, 2004년 11월, 천안

자동차용 GA강판의 저항용접에 대한 품질평가 알고리즘 Q-MEXS의 적용

Application of Quality Monitering Algorithm Q-MEXS for Resistance Welding of GA Steel Sheet

고 미혜*, 최두열, 이 영배***, 조 상명 *****

* 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

** 포스코 기술연구소/자동차가공연구 그룹

*** (주) 매일정기

**** 부경대학교 신소재공학부 소재프로세스공학전공

1. 서 론

아연도금강판은 내식성과 내구성이 우수하여 자동차, 가전제품 등에 많이 사용되고 있다.

아연도금강판 저항용접 시에는 연강보다 용접전류와 가압력을 높게 설정함으로 날림이 발생하기 쉽고 도금층에 의한 전극 오염으로 생산성이 저하되는 문제점을 가지고 있다. 그러므로 안정적인 점용접 품질 확보가 필요하고 적절한 제어기술 개발이 요구된다.

본 연구에서는 인버터 AC 저항 용접기를 사용하여 합금화 용융아연도금강판 (GA:Galvanneal steel sheet)의 용접성을 평가하고 실시간으로 용접품질을 평가할 수 있는 알고리즘 Q-MEXS (Quality Monitoring Expert System)를 적용하여 GA강판의 품질 영향 인자들의 특징을 추출하였고 통전 중 날림을 방지하면서 안정적인 품질을 얻기 위한 적응 제어 방법을 제시하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

2.1 사용재료

본 연구에 사용된 피용접재는 두께 0.7mm, 편면 도금량 45g/m^{2}의 합금화용융아연도금강판 (GA:Galvanneal steel sheet), 냉간압연강판(CR: Cold Rolled steel sheet)이었다.

Table 1은 사용한 피용접재의 화학적 조성과 기계적 성질을 나타냈다. 전극은 도전율 75%이상의 크롬동을 사용하였으며, 직경 16mm, 선단경이 5mm인 DR type 전극이었다.

Table 1 Chemical composition and mechanical properties of GA sheet and CR sheet

(a) Chemical composition (wt.%)

	C	Mn	P	S	Ti	Nb
GA	0.002	0.07	0.01	0.008	0.03	0.01
CR	0.002	0.07	0.011	0.009	0.06	-

(b) Mechanical properties

	Tensile Strength	Yield strength	Elongation
GA	280Mpa	170Mpa	46%
CR	284Mpa	165Mpa	45%

2.2 실험방법

GA와 CR 강판의 저항용접 특성을 평가하기 위해 인버터 AC 전원을 이용하여 적정용접전류와 날림발생 특성을 알아보았다. 이때 2차측 주파수를 50Hz, 전극가압력 200kgf, 통전시간 8cycle로 고정시키고 용접전류를 5000A에서 11000A로 500A씩 증가시켜 용접하였다.

GA강판 Q-MEXS 알고리즘 설정을 위한 불량재현실험은 가압력을 100kgf, 300kgf하여 적정전류 조건에서 용접하였고 전극선단오염과 전극팁경을 16mm로한 전극을 사용하여 용접하였다. 너깃경은 Peel test를 하여 측정하였다.

용접전류는 20kA급 홀센서를 사용하고, 용접전압은 10V 센서를 사용하여 각각에서 나온 출력을 10kHz의 샘플링 주파수로 A/D 보드에 전송한 후 스폿 모니터링 시스템(WSM3000N)에 의해 디지털 계측하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 GA와 CR강판의 저항 용접성 평가

Fig. 1은 GA와 CR강판에서 입력전류에 대한 너깃경의 변화를 나타낸 것이다.

적정 너깃경을 5√t가 되는 4.2mm로 하였다. GA강판이 CR강판보다 적정전류가 높고 표면날림이 먼저 발생한 후 중간날림이 발생하였으며, 날림없이 적정 너깃이 얻어지는 전류 구간은 CR강판보다 좁았다.

날림발생 시 너깃이 감소하는 경향이 나타났다. 이는 용융금속이 접촉면에 브릿지 (bridge)를 형성함으로 무효분류가 증가하여 너깃성장이 억제되기 때문인 것으로 판단된다.

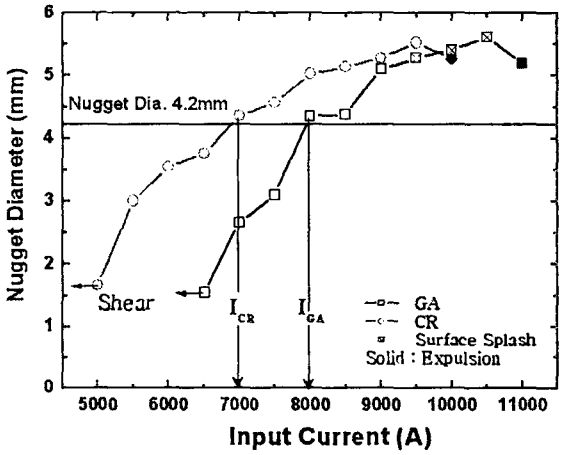


Fig. 1 Variation of nugget diameter by input current on GA sheet and CR sheet

3.2 단상 AC와 인버터 AC 전원의 동저항 패턴 비교

Fig. 2는 인버터 AC 저항용접기에 대한 전류, 전압 및 순시동저항 파형을 나타낸 것이다.

순시동저항의 분포를 보면 반사이클 동안 동저항이 거의 일정함을 나타냈지만, Zero-cross 근방에서는 비정상적인 값을 보였다. 따라서 동저항 평가는 반사이클을 기준으로 평가하는 것이 바람직하다고 본다.

Fig. 3은 단상 AC와 인버터 AC의 동저항 파형을 나타낸 것이다. 단상의 경우는 일반적으로 알려진 동저항 파형 패턴을 나타냈지만 인버터의 경우는 초기에 접촉저항이 감소하는 구간이 나타나지 않는 패턴을 가지고 있었다.

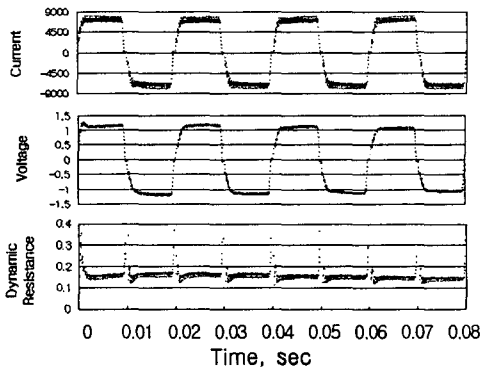
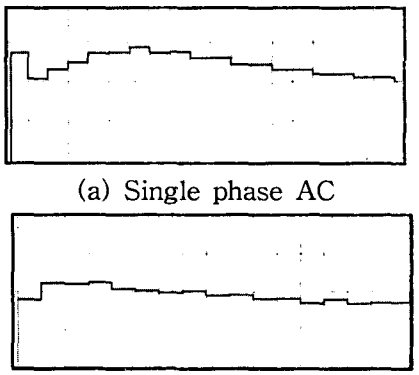


Fig. 2 Waveform by inverter AC spot welding machine



(a) Single phase AC

(b) Inverter AC

Fig. 3 Dynamic resistance by pattern Power source

3.3 GA강판 저항용접용 Q-MEXS 인자 정의

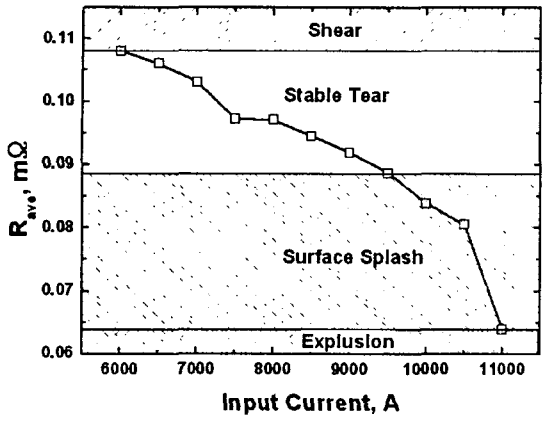
동저항은 반사이클 단위로 계산한 후 R(동저항), R′(동저항 1차 미분)으로 구분하였다.

용접 품질에 영향을 미칠 것으로 판단되는 13개 인자를 Table 2에 정의하였다.

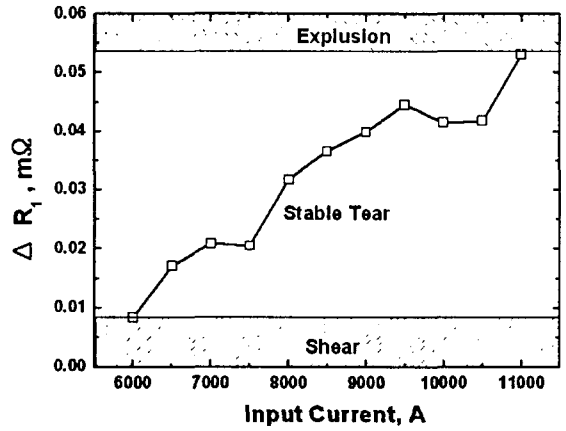
Table 2 Definition of Q-MEXS parameters

Parameter	Definition	Parameter	Definition
I_{ave}	실효전류	V_{ave}	실효전압
T_w	통전시간	R_{ave}	동저항 평균
R_s	동저항 시작값	R_{Pk}	동저항 피크값
R_e	동저항 마지막값	ΔR_1	R_{Pk} - Rmin
T_{RPk}	피크저항에 도달하는시간	R'_{min}	동저항 1차 미분값의 최소값
R_{min}	R_{Pk} Time No. 이후 동저항 최소값	H_R	$(R_{Pk}-R_s)/T_{RPk}$
Q	총발열량		

Fig. 4는 GA강판 저항용접 시 설정전류에 따른 각 Q-MEXS 인자를 나타내었다.



(a) Rave to input current



(b) ΔR1 to input current

Fig. 4 Q-MEXS parameters to input current

3.3 불량재현 실험에 따른 동저항 분석

Table 3은 불량유형에 따른 Q-MEXS 인자들의 변화 특징을 추출하여 나타낸 것이다.

Table 3 Quality evaluation algorithm of Q-MEXS

↑: 약간증가 ↑↑: 크게 증가 ↓:약간감소 ↓↓: 크게 증가

	R_{ave}	R_s	R_{Pk}	T_{Rpk}	R_{min}	R_e	R'_{min}	ΔR_1	H_R	Q
냉접	↑↑	↓	-	↑↑	↑↑	↑↑	-	↓↓	↓↓	↓↓
날림	↓↓	-	↓↓	-	↓↓	↓↓	↓↓	↑↑	-	↑↑
과대 가압력	↓	↓↓	↓↓	↑	↑	↑	↑	↓	↓↓	↓
과소 가압력	↑	↑↑	↑	↑	↓	↓	↓↓	↑	↓↓	↓
전극선단 오염	↓↓	↓↓	↓↓	↑↑	↓	↓	-	↓↓	↓	↓
과대 팁 단면적	↓↓	↓↓	↓↓	↑↑	↓↓	↓↓	↑	↓↓	↓	↓

3.4 통전 중 적응제어에 의한 품질향상

* 누적발열량 Q_i의 정의 :
통전초기부터 발생되는 열량을 통전시간의 경과에 따라 실시간으로 적분하여 얻은 그 순간까지의 누적 발열량

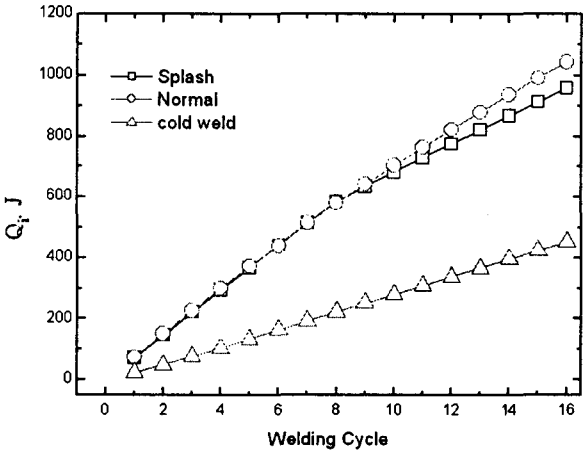


Fig. 5 Cumulative heat value(Q_i) in welding process

◆ 통전 중 적응제어를 위한 기본 방법
1) $Q_i > Q_{(USL)i}$; 날림발생 위험 ⇒ 전류감소
2) $Q_i < Q_{(LSL)i}$; 냉접발생 위험 ⇒ 전류증가

4. 결 론

1) GA강판이 CR강판보다 적정전류가 높고 표면날림이 먼저 발생한 후 중간날림이 발생하였으며, 날림없이 적정 너깃이 얻어지는 전류 구간은 CR강판보다 좁았다.

2) 인버터 AC 전원의 경우 초기에 접촉저항이 감소하는 구간이 나타나지 않고 바로 증가하는 독특한 패턴을 가지고 있었다.

3) Q-MEXS를 적용하여 GA강판의 불량유형에 따른 품질 영향인자들의 특징을 추출하였다.

4) 통전 중 적응제어에 의해 날림을 방지하면서 적절한 품질을 얻기 위하여 누적발열량 Q_i에 의한 전류제어 방법을 제시하였다.