

인버터 AC 저항 스폿 용접에서 전류 감소 방식에 의한 날림 방지 기법 개발

Development of splash prevention method by current down in inverter AC resistance spot welding

김진욱*, 고미혜*, 손준익**, 이영배**, 윤훈성***, 조상명****

* 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

** 매일정기(주)

*** 모니텍주식회사/기술지원팀

****부경대학교 신소재공학부 소재프로세스공학전공, pnwcho@pknu.ac.kr

1. 서 론

CR 및 GA강판은 자동차, 가전제품, 건축 분야에서 널리 사용되고 있으며, 그 조립을 위해서 저항용접을 자주 적용하게 되는데 용접공정에서의 날림 발생은 CR강판의 산화와 GA강판의 내부식성을 감소시킨다. 현재 저항용접에서 날림을 방지하기 위해 많은 연구가 진행되고 있으나, 확실한 날림 방지 알고리즘은 없는 상태이다. 따라서 본 연구에서는 발열에 따른 순시동저항(Instantaneous Dynamic Resistance, IDR)과 순시발열속도(Instantaneous Heating Rate, IHR)를 비교하고, 비정상 조건 실험을 통해 순시동저항과 순시발열속도 변화를 분석하여 순시동저항과 순시발열속도를 이용한 전류 감소 방식에 의한 날림 방지 기법을 연구하였다.

2. 사용 재료 및 실험 방법

2.1 사용재료

본 연구에서 사용된 피용접재는 두께 0.7mm의 CR, GA강판이었다. 전극은 도전을 75%이상의 크롬동이었으며, 직경 16mm, 선단경이 5mm인 DR type이었다. 불량 재현 실험에서 사용한 전극은 선단경 3mm였다.

GA강판의 편면 도금량은 45g/m²이었다.

Table 1 (a), (b)에 CR, GA강판의 화학적 조성 과 기계적 성질을 나타내었다.

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

(a) Chemical composition (wt. %)

C	Mn	P	S	Ti	B
0.004	0.6	0.04	0.01	0.06	0.0005

(b) Mechanical properties

Sheet	Yield Strength	Tensile strength	Elongation
CR	156MPa	353MPa	40%
GA	162MPa	357MPa	39%

2.2 실험방법

인버터AC 저항용접기로 길이 75mm × 폭 20mm × 판두께 0.7mm인 피용접재의 겹칩부 20mm 중심에 용접하였다. Table 2는 발열에 따른 순시동저항을 얻기 위한 용접조건을 나타낸 것이다. CR강판은 4.5kA에서 9.5kA까지, GA강판은 5kA에서 9.5kA까지, 0.5kA씩 증가하여서 용접하였고, 용접 주파수는 30Hz, 용접 시간은 4cycle, 가압력은 200kgf였다.

날림을 발생시키기 위한 비정상 조건 실험은 정상 용접 전류에서 100kgf의 낮은 가압력, 선단경 3mm 전극을 사용하였다.

용접전류는 20kA급 홀센서를 사용하고, 용접전압은 10V 센서를 사용하여 각각에서 나온 출력신호를 A/D 카드에 전송한 후 10kHz의 샘플링 주파수로 스폿 모니터링 시스템(WSM 3000N)에 의해 디지털 계측하였다.

Table 2 Welding condition for experiments

Power source	Inverter AC	
Set current, kA	CR	GA
	4.5~9.5	5~9.5
Welding frequency	30Hz	
Welding time	4 cycle	
Load force	100, 200 kgf	

3. 실험결과 및 고찰

3.1 순시동저항과 순시발열속도 비교

Fig. 1에 순시동저항과 순시발열속도의 개념을 나타내었다.

순시동저항(Instantaneous Dynamic Resistance, IDR) : 전류의 순시치와 같은 시간에 대응하는 전압의 순시치를 옴의 법칙에 의해 계산한 저항

$$IDR_j = \frac{\text{전압의 순시치}(V_j)}{\text{전류의 순시치}(I_j)}, \Omega \quad \text{단, } j=1,2,\dots,n \quad (1)$$

순시발열속도 (Instantaneous Heating Rate, IHR) : 전류의 순시치와 같은 시간에 대응하는 전압 순시치의 곱

$$IHR_j = I_j \times V_j, W \quad \text{단, } j=1,2,\dots,n \quad (2)$$

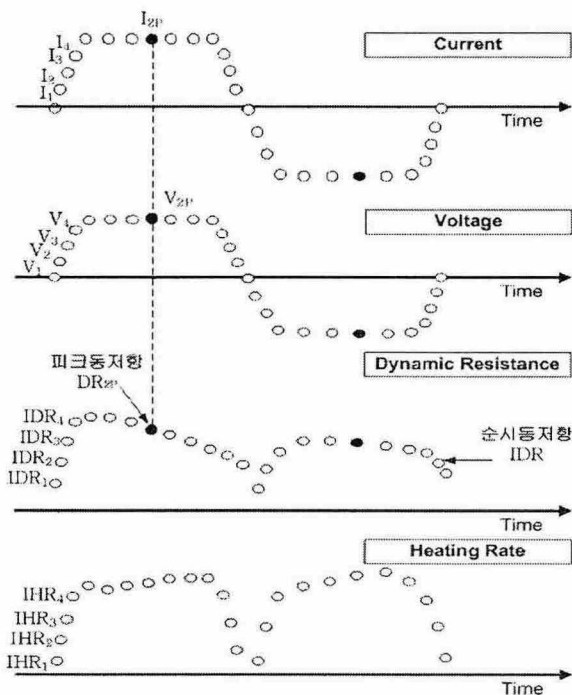


Fig. 1 The concept of IDR and IHR

3.2 발열에 따른 순시동저항과 순시발열속도의 비교

Fig. 2와 3에 CR강판 및 GA강판의 발열에 따른 순시동저항과 순시발열속도를 나타내었다. 이때 마크로 패턴을 분석하기 위하여 zero-cross 전후의 이상치를 cutoff 하였다.

냉접 발생 전류(a)에서 순시동저항은 증가하는 경향을 보였으며 순시발열속도는 날림 한계값 보다 현저히 낮았다.

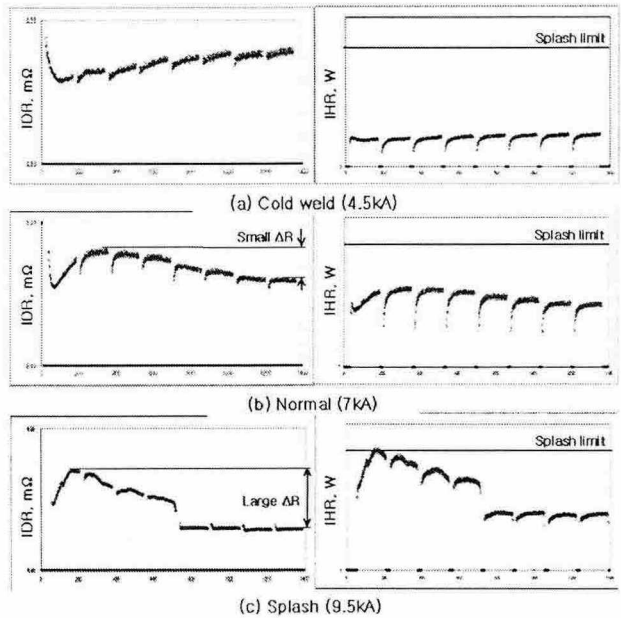


Fig. 2 IDR and IHR with heat generation of CR sheet

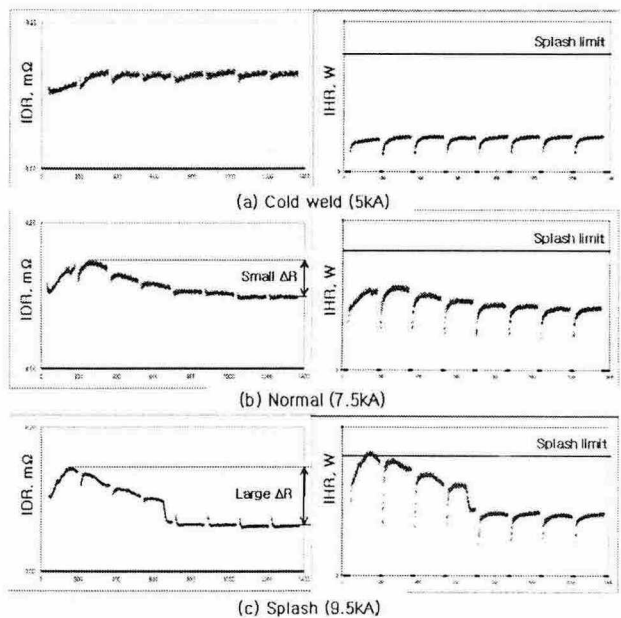


Fig. 3 IDR and IHR with heat generation of GA sheet

정상 용접 전류(b)에서 순시동저항 Peak값인 IDR_p 로 부터 최종 half cycle의 저항을 뺀 ΔR 은 그다지 큰양의 값을 보이지 않았다.

날림 발생 전류(c)에서 4번째 half cycle에서 날림이 발생하여 저항이 급격하게 감소하였다. IDR_p 에서 날림이 발생하기 직전의 저항까지 ΔR 은 정상 용접 전류 조건보다 큰 ΔR 값을 보였다. 순시발열속도는 1번째 half cycle에서 날림 한계값을 초과하였다.

발열에 따라 순시동저항의 ΔR 은 증가하였고, ΔR 을 날림 판단하는 파라미터로 설정하였다.

발열에 따라 순시발열속도 값이 증가하였고 날림 발생시 날림 한계값을 초과하는 순시발열속도 값이 나타났다. 날림 한계값을 날림 판단하는 파라미터로 설정하였다.

용접시 각 강판에 따른 ΔR 및 날림 한계값을 설정하여 용접중 날림 발생 파라미터보다 높은 값이 검출되는 즉시 설정전류의 x%에 해당하는 전류를 감소시키는 전류 감소 방식을 이용하게 되면, 날림을 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

3.3 비정상 조건 실험에 의한 날림 실험 결과

Fig. 4는 비정상 조건 실험에서 날림 발생시의 순시동저항과 순시발열속도를 나타내었다.

(a)는 GA강판 정상 용접 전류 조건에서 낮은 가압력 100kgf로 용접할 때 순시동저항과 순시발열속도를 나타낸 것이다. 4번째 half cycle에서 날림이 발생하였고 큰 ΔR 값을 보였다. 낮은 가압력 용접시 순시발열속도의 날림 한계값보다 낮은 값에서 날림이 발생함을 알 수 있다. 이때 순시동저항의 초기 값인 IDR_i 가 정상 가압력에 비해 높음을 알 수 있다. 이는 접촉면적의 감소로 초기 저항이 높기 때문이다. IDR_i 가 비정상적으로 높으면 우측 그림과 같이 순시발열속도 날림 한계값을 낮추어 보정된 날림 한계값을 적용해야 한다.

Fig.4 (b)는 GA강판에서 정상 용접 조건에서 전극 선단경이 감소된 3mm의 전극 사용시의 순시동저항과 순시발열속도를 나타낸 것이다. 4번째 half cycle에서 날림이 발생하였고 큰 ΔR 값을 보였다. 선단경 3mm 전극 용접시 순시발열속도의 날림 한계값보다 낮은 값에서 날림이 발생함을 알 수 있다. 이때 순시동저항의 IDR_p 는 선단경 5mm 전극보다 높았다. 이는 좁아진 선단경에 의한 전류 밀도 증가로 판단된다. 따라서

IDR_p 가 비정상적으로 높으면 순시발열속도 날림 한계값을 낮추어 보정된 날림 한계값을 적용시켜야 한다.

용접시 IDR_i 와 IDR_p 가 비정상적으로 높을 경우에는 ΔR 과 보정된 날림 한계값을 파라미터로 설정하여 용접중 이 파라미터 보다 높은 값이 검출되는 즉시 설정전류의 x%에 해당하는 전류를 감소시키는 전류 감소 방식을 이용하게 되면, 낮은 가압력에 의한 날림 및 작은 전극 선단경에 의한 날림을 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

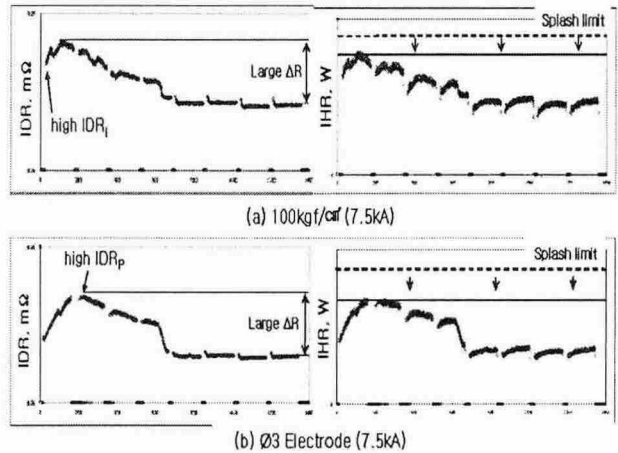


Fig. 4 IDR and IHR by abnormal condition for GA sheet

4. 결 론

인버터 AC 저항 스폿 용접에서 전류 감소 방식에 의한 날림 방지 기법 개발을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) CR 및 GA강판 저항용접 시 발열에 따라 순시동저항의 ΔR 은 증가하였고, 순시발열속도 역시 증가하였다. 높은 전류에 의한 날림 발생시 날림 발생 파라미터인 ΔR 과 날림 한계값을 이용하고 전류 감소 방식을 적용하면 용접강도는 충분히 확보하면서 날림이 방지될 것으로 기대된다.

2) 불량 재현 실험을 통해 낮은 가압력 및 작은 선단경을 가진 전극을 써서 용접할 때 날림 판단 파라미터는 ΔR 및 보정된 날림 한계값을 적용하여 전류 감소방식을 이용하면 날림이 방지될 것으로 기대된다.