

## 아연 도금 강판의 저항 점용접에서 발열 및 날림현상에 따른 순시동저항 패턴의 분석

### Analysis of instantaneous dynamic resistance with heat generation and spatter phenomena on resistance spot welding of zinc coated steel

김진욱\*, 함효식\*, 고미혜\*, 최두열\*\*, 박성호\*\*, 조상명\*\*\*

\* 부경대학교 대학원 소재프로세스 공학과

\*\* 포스코 기술연구소/자동차가공연구 그룹

\*\*\* 부경대학교 신소재공학부 소재프로세스공학전공

### 1. 서 론

아연도금강판은 내식성과 내구성이 우수하여 자동차, 가전제품 등에 많이 사용되고 있다. 아연 도금강판 저항용접 시 날림의 발생은 내식성을 저하시키는 원인이 된다.

본 연구에서는 CR, GA 및 GI 강판을 단상AC (Single phase AC, 이하 S-AC) 및 인버터 AC(Inverter AC, 이하 I-AC) 전원을 사용하여 낮은 발열로 인한 냉접, 정상 너깃 생성 및 날림 발생 전류에서 순시동저항(Instantaneous Dynamic Resistance : IDR)을 이용하여 패턴을 분석하였다.

### 2. 사용재료 및 실험방법

#### 2.1 사용재료

본 연구에서 사용된 피용접재는 두께 0.7mm의 CR, GA 및 GI강판이었다. 전극은 도전을 75%이상의 크롬동이었으며, 직경 16mm, 선단경이 5mm인 DR type이었다. GA강판의 편면 도금량은 45g/m<sup>2</sup>이고, GI의 편면 도금량은 70g/m<sup>2</sup>이었다.

#### 2.2 실험 방법

S-AC 및 I-AC 저항용접기로 길이 75mm×폭 20mm×판두께 0.7mm인 피용접재의 겹침부 20mm 중심에 용접하였다. Table 1은 발열에 따른 순시동저항을 얻기 위한 용접조건을 나타낸 것이다. S-AC전원으로 GA 및 GI강판은 6kA에서 9kA까지, CR강판은 4kA에서 8kA까지, 0.5kA씩 증가하여서 용접하였고, I-AC전원에서 GA 및

GI강판은 7kA에서 11kA까지, CR강판은 4.5kA에서 10kA로 0.5kA씩 증가하여 용접하였다.

Table 1 Welding condition for experiments

Machine	S-AC			I-AC		
	GA	GI	CR	GA	GI	CR
Set current, kA	6~9		4~8	7~11		4.5~10
Welding time	8 cycle					
Load force	200 kgf/cm <sup>2</sup>					

용접전류는 20kA급 홀센서를 사용하고, 용접 전압은 10V 센서를 사용하여 각각에서 나온 출력을 10kHz의 샘플링 주파수로 AD 카드에 전송한 후 스폿 모니터링 시스템(WSM3000N)에 의해 디지털 계측하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 GA 및 GI강판의 발열에 따른 순시동저항 비교

##### 3.1.1 S-AC 전원에 의한 GA 및 GI강판의 순시동저항 비교

Fig. 1과 Fig. 2는 S-AC전원에서 GA 및 GI강판의 냉접, 정상 너깃 생성 및 날림 발생 전류에서의 순시동저항을 비교한 것이다.

냉접 전류에서는 첫 half cycle의 IDR인 패턴A와 너깃생성 전 발열구간 IDR인 패턴B가 나타났다.

정상 너깃 생성 전류에서는 패턴A, 패턴B에 이어 너깃 생성 및 성장 구간 IDR인 패턴C가 나타났다.

날림 발생 전류에서는 패턴A, B 및 C에 이어 날림 징후를 나타내는 IDR인 패턴D, 날림 발생하는 순간의 IDR인 패턴E, 날림발생 후 IDR인 패턴F가 나타났다.

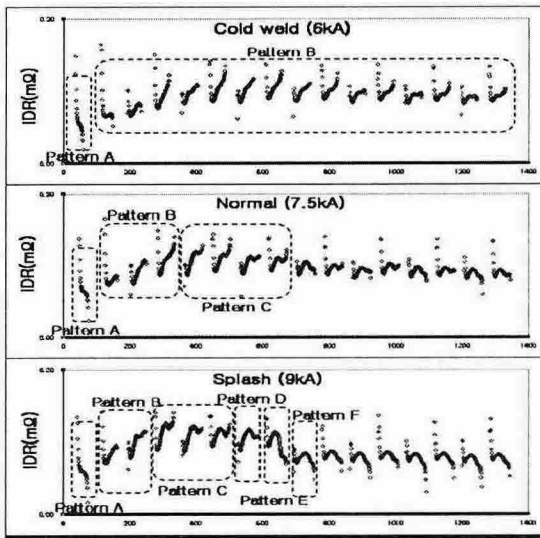


Fig. 1 IDR with heat generation of GA sheet in S-AC

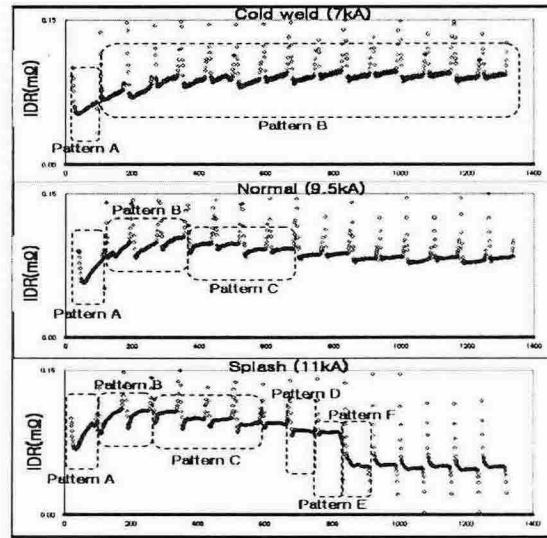


Fig. 3 IDR with heat generation of GA sheet in I-AC

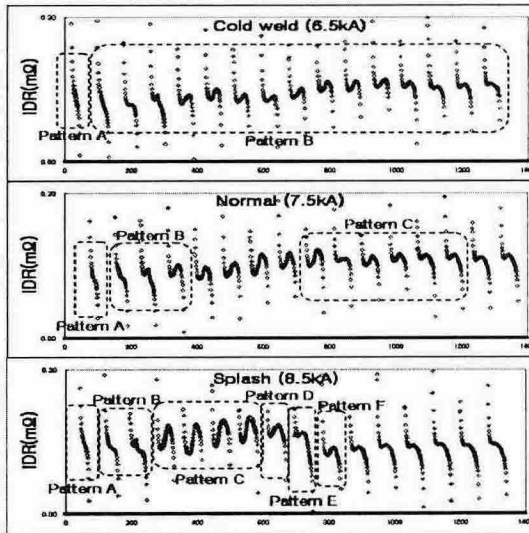


Fig. 2 IDR with heat generation of GI sheet in S-AC

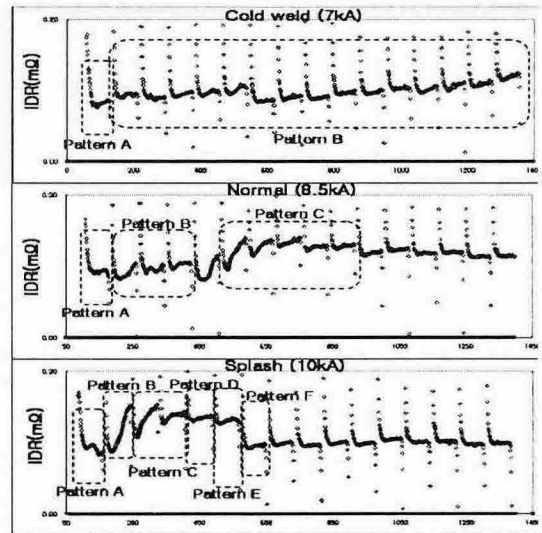


Fig. 4 IDR with heat generation of GI sheet in I-AC

3.1.2 I-AC 전원에 의한 GA, GI강판의 순시 동저항 비교

Fig. 3과 Fig. 4는 각각 I-AC전원에 의한 GA 및 GI강판의 냉접, 정상 너깃 생성, 날림 전류에서의 순시동저항을 비교하였다. I-AC에서도 순시동저항 파형은 S-AC와 유사한 패턴을 나타내었다.

3.2 발열에 따른 순시동저항 비교

Table 2는 S-AC 및 I-AC에서 CR, GA 및 GI 강판의 패턴 A, B 및 C의 순시동저항을 나타내었다. S-AC에서 화살표는 피크 전류시 저항의 위치를 나타낸 것이다.

CR, GA, GI강판의 S-AC전원의 패턴A에서 CR강판에서는 IDR의 감소 후, 증가하나, GA강판에서의

IDR은 Fe-Zn합금층의 영향으로 계속 감소하며, GI강판에서는 GA강판과 같이 IDR이 감소하나, Zn층의 영향으로 GA강판보다 순시동저항 감소 기울기가 크다.

패턴B에서 CR강판의 IDR은 발열에 의한 고유저항 증가로 인해 증가하며, GA강판 역시 CR강판과 같이 증가하나 그 증가 기울기가 작았다. GI강판의 IDR은 Zn의 영향으로 계속 감소했다.

패턴C에서 CR 및 GA강판의 IDR은 피크전류 이전에는 증가하고, 피크 전류후 감소했다가 다시 증가한다. GI강판의 IDR은 초기 Zn영향으로 감소했다가, 증가 후 다시 감소하였다.

I-AC전원의 패턴A에서 CR, GA, 강판의 IDR은 초기 접촉면적의 증가로 인해 감소되고 이후 발열에

의한 고유저항 증가로 인해 증가했다. GI강판의 IDR은 초기에 감소되고 이후, 발열에 의해 증가했고, 이후 Zn의 영향으로 다시 감소하였다. 패턴B 및 C에서 CR, GA, GI강판의 IDR은 비슷한 경향을 나타냈으나 CR, GA강판의 IDR은 마지막 부분이 증가하나, GI강판에서의 IDR은 발열에 의해 증발된 Zn에 의해 Zn고갈 구역이 형성되고 이후 전류 감소 구간에서 Zn고갈 영역으로 주위의 용융Zn이 모세관력에 의해 접촉하여 IDR이 감소한 것으로 보인다.

Table 2 IDR with Pattern A, B and C of CR, GA, GI sheet in S-AC, I-AC

		Pattern A	Pattern B	Pattern C
S-AC	CR			
	GA			
	GI			
I-AC	CR			
	GA			
	GI			

3.3 날림 발생시 순시동저항 비교

Table 3은 S-AC 및 I-AC에서 CR, GA 및 GI강판의 날림 발생 전류에서의 순시동저항 패턴 D, E 및 F를 나타내었다.

S-AC전원의 패턴D에서 CR 및 GA강판의 IDR은 피크전류 이후까지 증가 후 너깃 성장 및 코로나 본드의 접촉으로 인해 감소 후 전류 감소로 인해 코로나 본드와의 분리로 인해 증가했고, GI강판의 IDR은 고유저항 증가로 증가 후 Zn고갈 영역으로 너깃 주위의 용융Zn이 모세관력에 의한 접촉으로 감소 것으로 보인다.

날림 발생한 패턴E에서 CR강판의 IDR은 피크 전류에서 날림의 발생으로 감소했고 이후 증가했다. GA 및 GI강판의 IDR은 피크 전류에서 날림 발생으로 급격히 감소했고, 감소폭과 감소 기울기가 가장 컸다.

패턴F는 평동저항에서 날림이 발생했다고 판단하는 구간으로서, 순시동저항 분석결과, 날림 발생한 후 반사이클 뒤임을 알았다. 발열 및 감열에 의해 IDR의 증가, 감소가 나타났다.

I-AC전원의 패턴D에서 CR, GA강판의 IDR은 적은 감소 후 증가했다. GI강판의 IDR은 증가 후 용융Zn의 접촉으로 감소한 것으로 보인다.

패턴E에서 CR, GA, GI강판의 IDR은 감소 구간을 보이며 이때 날림이 발생했다.

Table 3 IDR with Pattern D, E and F of CR, GA, GI sheet in S-AC, I-AC

		Pattern D	Pattern E	Pattern F
S-AC	CR			
	GA			
	GI			
I-AC	CR			
	GA			
	GI			

4. 결 론

아연도금강판의 저항 점용접에서 발열 및 날림 현상에 따른 순시동저항 패턴을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) CR GA강판의 순시동저항은 날림 발생이후를 제외하고는 각 반사이클의 끝부분이 증가했으나 GI강판의 순시동저항은 발열에 의해 Zn의 고갈 영역이 발생하고, 이후 전류 감소시 주위의 용융 Zn이 모세관력에 의한 접촉으로 순시동저항 전구간에서 감소하였다.

2) 단상AC전원에서 GA 및 GI강판은 패턴E의 피크 전류에서 날림이 발생했고 이때 순시동저항의 급격한 감소가 일어났으며 순시동저항 감소폭도 컸다.