

## 인버터 AC와 DC 저항용접 전원에 따른 GI 강판의 발열 및 순시동저항 특성 검토

An investigation on heating and instantaneous dynamic resistance characteristics of GI sheet with  
inverter AC and DC spot welding power source

고 미혜\*, 김 진욱\*, 김 성덕\*, 손 준익\*\*, 이영배\*\*\*, 김 상영\*\*\*\*, 조 상명\*\*\*\*\*

\* 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

\*\* 동아대 대학원 전자공학과

\*\*\* 매일정기(주), \*\*\*\* (주) KVT

\*\*\*\*\* 부경대 신소재공학부 소재프로세스공학 전공, pnwcho@pknu.ac.kr

### 1. 서 론

일반 냉연강판에 비해 내식성과 내구성이 뛰어난 아연도금강판은 자동차, 가전제품 등 박판산업에서 중요한 위치를 차지하고 있고 주로 저항용접을 한다. 저항용접용 전원에는 단상 AC, 인버터 AC와 인버터 DC 등이 있다.

단상 AC 저항용접은 실효전류보다 크게 높은 피크전류로 인해 날림발생이 쉽고 짧은 전극 수명으로 인한 빈번한 드레싱으로 생산성을 저하시키는 문제점이 있다. 따라서, 날림발생이 적은 인버터 AC와 DC 저항 용접기의 사용이 점차적으로 증가하고 있다.

인버터 AC는 기존 단상 AC 저항용접기에 컨트롤러만 부착하여 사용할 수 있기 때문에 컨트롤러 외의 부수적인 코스트가 절감된다. 그러나 단상 AC 저항 용접기의 변압기를 사용하기 때문에 주파수 사용이 제한적이다. 그에 반해, 인버터 DC 저항 용접기는 변압기 크기가 작아 로봇용접에 적용하기가 쉽다.

본 연구에서는 아연도금강판으로 인버터 AC와 DC 저항용접기를 사용하여 변압기 2차측에서 전류, 전압 순시치를 옴의 법칙에 의해 계산한 순시동저항(Instantaneous Dynamic Resistance,

IDR)과 전류, 전압 순시치의 곱으로 나타낸 순시 발열 속도(Instantaneous Heating Rate, IHR)의 발열 패턴을 비교 검토하였다.

### 2. 실험재료 및 실험방법

#### 2.1 사용재료

본 연구에 사용된 피용접재는 두께 1.0mm, 편면 도금량 98g/m<sup>2</sup>의 용융 아연도금강판(GI: Galvanized Steel Sheet)이었다. Table 1은 사용한 피용접재의 화학적 조성과 기계적 성질을 나타낸 것이다. 전극은 도전을 75%이상의 크롬동이였으며, 직경 16mm, CF type이었다.

Table 1 Chemical composition and mechanical properties of GI sheet

(a) Chemical composition (wt.%)

C	Mn	P	S	Si
0.032	0.210	0.011	0.009	0.060

(b) Mechanical properties

Yield strength	Tensile strength	Elongation
270MPa	359MPa	40%

### 2.2 실험방법

GI강판 저항용접에서 순시동저항과 순시발열 속도를 평가하기 위해 인버터 AC와 DC의 용접 전원을 이용하였다. 실험 조건은 Table 2와 같다. 통전시간은 거의 동일하게 두고 전극 선단경 변화에 따라 냉접조건에서 날림조건까지 전류를 변화시켜서 실험하였다.

Table 2 Welding condition of experiments

Power source	Inverter AC	Inverter DC
Welding time	5cycle(167ms)	167ms
Frequency	30Hz	-
Load force	300kgf	
Tip contact dia.	4, 6, 8mm	

용접전류는 20kA급 홀센서를 사용하여 하부홀 더부에 부착하고, 용접전압은 10V 센서를 사용하여 양전극선단에서 약 10mm부분에 부착하여 나온 아날로그 신호를 A/D 변환기에 전송한 후 스폿 모니터링 시스템(WSM 3000N)에 의해 디지털 계측하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 인버터 AC와 DC 저항용접의 IDR과 IHR 패턴 검토

인버터 AC와 DC 용접전원에 따른 전류, 전압 순시동저항(IDR)과 순시발열속도(IHR)를 Fig. 1에 나타냈다. 인버터 AC와 DC 전원 모두에서 정전류 제어를 적용하였기 때문에 전류는 목표치에 도달한 후 일정한 값을 유지하였다.

인버터 DC에서는 정전류이므로 전압파형의 패턴이 순시동저항 IDR 파형 패턴과 거의 같지만, 인버터 AC에서는 zero cross를 지나서 전류를 급상승시켜 목표치에 이르게 하기위해서 전압을 비정상적으로 높이는 제어가 불가피하므로 그 부분의 파형특성으로 인해 실제 너깃부에서의 발열 특성과 다른 신호가 얻어질 수 있기 때문에 적절한 신호처리기법이 요구된다.

인버터 AC 전원에서는 half cycle 단위로 zero cross 구간이 나타나므로 그 시간만큼 적용제어가 가능한 범위가 단축되지만, DC는 연속적으로 나타나기 때문에 순간적인 판단이 가능하다.

Fig. 2와 Fig. 3은 인버터 AC와 DC 용접전원에서 각 전원별 동일 전류에서 전극선단경을 변화시켰을 때와 전극선단경을 6mm로 동일하게 두고 전류를 변화시켰을 때의 순시동저항과 순시발열속도이다. 순시동저항의 기울기 S를 계산한 범위를 점선으로 나타내었고 IHR<sub>max</sub>는 순시발열속도의 최대값을 나타낸다.

동일 전류에서 전극선단경이 줄어들거나 동일 전극 선단경에서 전류를 증가시키면 IHR<sub>max</sub>가 나타나는 시간축이 짧아졌다.

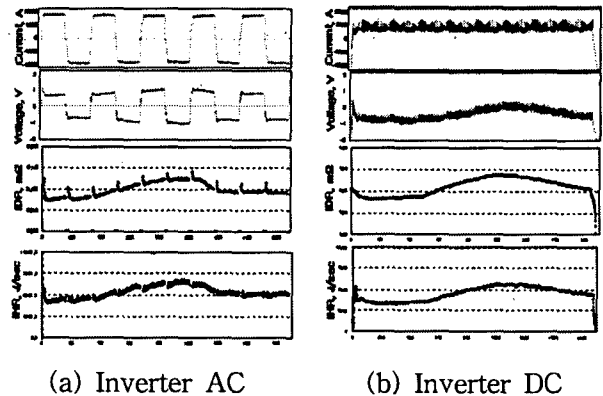
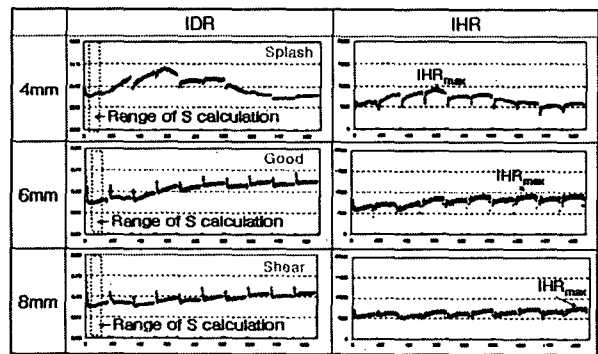
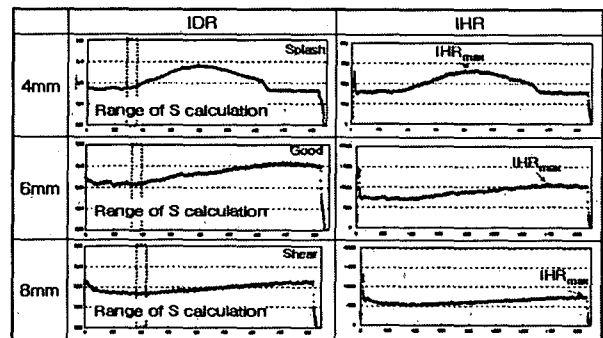


Fig. 1 The wave of Inverter AC and DC power source (Tip contact dia. 4mm, AC : 7500A, DC : 6000A)

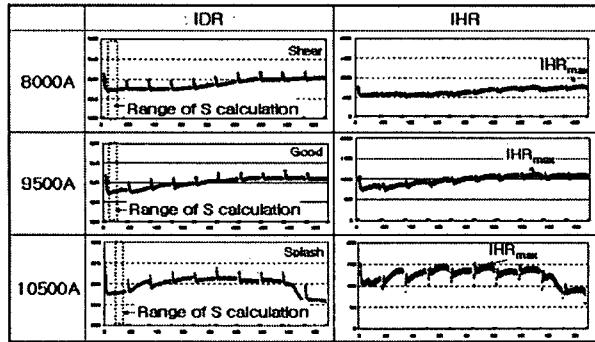


(a) Inverter AC

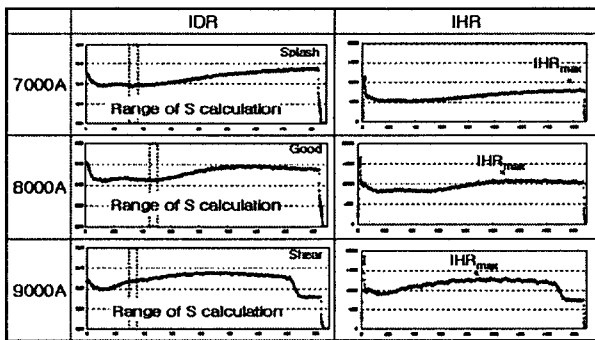


(b) Inverter DC

Fig. 2 The comparison of heating pattern on inverter power source(AC: 8500A, DC: 7500A)



(a) Inverter AC

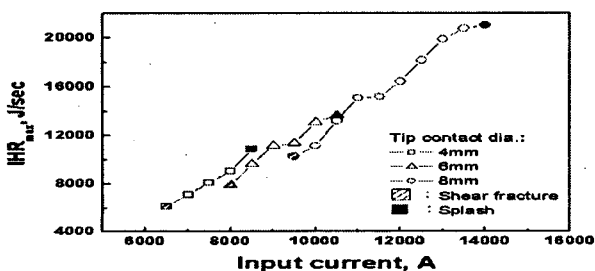
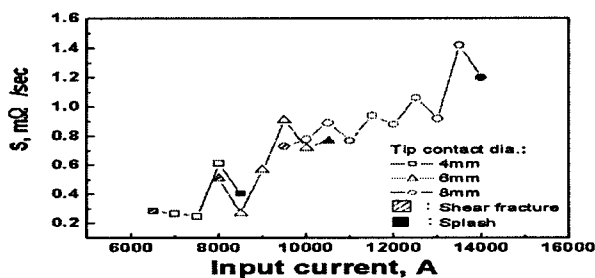


(b) Inverter DC

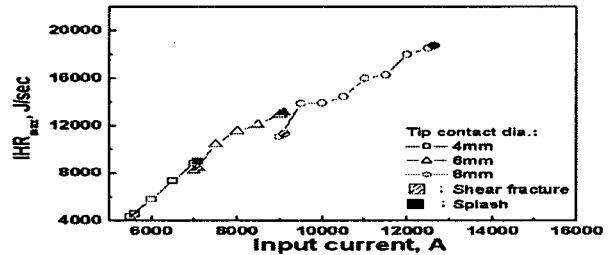
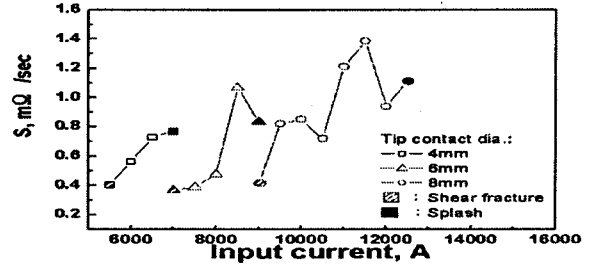
Fig. 3 The comparison of heating pattern on inverter power source(Tip contact dia. 6mm)

### 3.2 전극 선단경에 따른 발열특성

Fig. 4는 전류에 대한 순시동저항의 기울기 S를 나타낸 것이다. 전극 선단경이 커질수록 순시동저항 기울기 S와 최대발열속도 IHR<sub>max</sub>가 감소하는 경향을 보였다. S는 그 타점의 초기의 접촉 직경 추정이 가능하고 IHR<sub>max</sub>는 연속타점에 의한 전극팁 접촉직경 추정이 가능 할 것으로 판단 된다.



(a) Inverter AC



(b) Inverter DC

Fig. 4 The comparison of S and IHR<sub>max</sub> on inverter power source

## 4. 결 론

1) 인버터 DC에서는 정전류 제어이므로 전압 파형 패턴이 순시동저항 IDR 파형 패턴과 거의 같지만, 인버터 AC에서는 zero cross를 지나 전류를 목표치에 이르게 하기위해 전압을 비정상적으로 높이는 제어가 불가피하므로 그 부분의 파형특성이 실제 너깃부에서의 발열특성과 다른 신호가 얻어질 수 있기 때문에 적절한 신호처리방법이 요구된다.

2) 인버터 AC 전원에서는 half cycle 단위로 zero cross 구간이 나타나므로 그 시간만큼 적응 제어가 곤란하지만, 인버터 DC는 신호가 연속적으로 나타나기 때문에 순간적인 판단을 연속적으로 할 수가 있다.

3) 장기적인 타점의 관점에서 동일 전류에 전극선단경이 넓어질 경우 IHR<sub>max</sub> 값은 낮아지고 시간축도 길어지는 안정적인 특성을 보였다.

4) 통전 초기의 전극 상태 추정이 가능한 순시동저항의 기울기 S 값은 전극선단경이 좁아지거나 전류가 증가하면 커지는 경향을 가지고 있지만 산포가 컸다.

## 참 고 문 헌

1. M. Ohara, T. Saito : 日本溶接學會誌 63-4(1994) 1
2. S. A. Gedeon, C. D. Sorensen, K. T. Ulrich, T. W. Eagar : AWS; (1987)