

저항용접 발열현상에 따른 반사이클 단위의 평균동저항과 순시동저항 패턴의 비교

The Comparison of average dynamic resistance and instantaneous dynamic resistance pattern during half-cycle for the heat generation phenomena in resistance welding

고 미 해*, 김 진 옥*, 함 효 식*, 조 상 명**

* 부경대 대학원/소재프로세스공학과

** 부경대/신소재공학부 소재프로세스공학전공

1. 서 론

저항용접은 자동차, 가전제품 등 박판산업에서 중요한 위치를 차지하고 있다.

Splash를 줄이고 용접부 신뢰성을 높이기 위하여 많은 연구가 진행되어 왔다.

샘플링 방법으로 용접강도를 평가하여 전체적인 용접 품질을 추정하기 때문에 이상발생에 대한 대처가 어렵다. 최근에는 실시간으로 품질을 평가할 수 있는 모니터링 방법이 많이 개발되어 오고 있다. 그 핵심은 용접전류, 용접전압, 평균동저항(Average Dynamic Resistance, ADR) 및 발열량이다. 이러한 모니터링 방법은 용접 후의 품질 평가방법으로서 용접 중에 냉접과 날림을 방지하기는 곤란하다.

본 연구에서는 디지털 처리된 전류, 전압 순시치를 음의 법칙에 의해 순시동저항(Instantaneous Dynamic Resistance, IDR)으로 계산하여 half cycle 동안 순간적인 발열 현상과 동저항 패턴을 분석하였고 날림 발생시 날림을 예측할 수 있는 방법을 제시하였다.

2. 사용재료 및 실험 방법

2.1 사용재료

본 연구에 사용된 피용접재는 두께 0.7mm, 냉간압연강판(CR: Cold Rolled steel sheet, EDDQ)이었다. Table 1은 사용한 피용접재의 화학적 조성과 기계적 성질을 나타낸 것이다. 전극은 도전을 75%이상의 크롬동이었으며, 직경 16mm, 선단경 5mm인 DR type이었다.

Table 1 Chemical composition and mechanical properties of CR sheet

(a) Chemical composition (wt.%)						
	C	Mn	P	S	Ti	Nb
CR	0.002	0.07	0.011	0.009	0.06	-

(b) Mechanical properties			
	Yield Strength	Tensile strength	Elongation
CR	165MPa	284MPa	45%

2.2 실험방법

CR 강판의 저항용접 특성을 평가하기 위해 단상 AC 전원을 이용하였다. 2차측 주파수는 60Hz, 전극가압력 200kgf, 통전시간 8cycle로 고정시키고 용접전류를 4000A에서 8000A까지 500A씩 증가시켜 용접하였다. 그리고, 냉접 및 Tear 파단 유무는 필시험을 하여 평가하였다.

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 계측하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 AC 저항용접기의 2차측 전압센서 위치에 따른 I-V 위상차의 검토

저항용접 너깃경은 가압력, 용접전류, 통전시간 전극 상태 및 피용접재와 직접적인 관계를 가지

고 있다. 특히, 용접전류와 전압을 이용한 음의 법칙에 의해 계산된 동저항 변화는 품질과 매우 밀접한 관계가 있다.¹⁾ 지금까지 많은 경우 전류, 전압을 변압기 1차측에서 측정하였으므로 순시적인 용접발열 현상을 관찰하기는 어려웠다.

AC 저항용접기의 2차측에서는 유도리액턴스만 고려할 수 있으므로 임피던스 Z를 다음 식과 같이 복소함수로 표현할 수 있다.

$$Z = R + iX_L \tag{1}$$

여기서,

Z : 임피던스(Ω), 실수부 R : 저항(Ω), 허수부 X_L : 리액턴스(Ω)

따라서, 리액턴스가 커질수록 전압에 비해 전류의 위상각이 크게 늦어지게 된다.

Fig. 1은 변압기 2차측 전압센서 위치에 따른 거리를 나타낸 모식도이다.

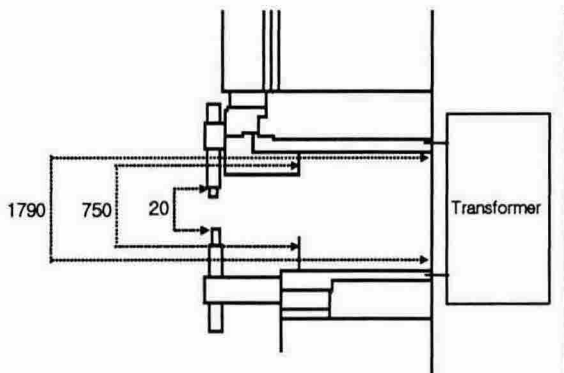


Fig. 1 The various distance of voltage sensors

Fig. 2는 전압센서 위치에 따른 위상차를 나타낸 것이다.

Thronton 등은 위상차가 ±0.1ms 이내면 리액턴스 성분을 무시할 수 있고 측정된 임피던스를 저항 성분만으로 간주할 수 있다고 하였다.²⁾

Phase shift ≤ ±0.1ms 이면 X_L ≈ 0 ⇒ Z ≈ R (2)

Fig.2에서 알 수 있듯이 전체적으로 위상차는 0.07ms이내에 있으므로 본 연구에서는 변압기 2차측에서 측정된 어떤 경우도 전류, 전압에 의해 계산한 임피던스를 저항 성분만으로 간주할 수 있으나 실험에서는 전압센서간의 최소거리 20mm에 의해 저항을 측정하여 리액턴스 성분의 영향을 최소화 시켰다. 그러므로 전압/전류는 저항성분만이라고 할 수 있다.

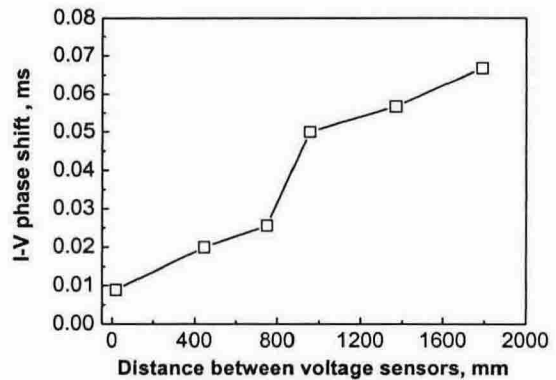


Fig. 2 I-V phase shift for distance between voltage sensors

3.3 평균동저항과 순시동저항의 개념

Fig. 3은 평균동저항과 순시동저항의 개념도를 나타낸 것이고 그 정의는 다음과 같다.

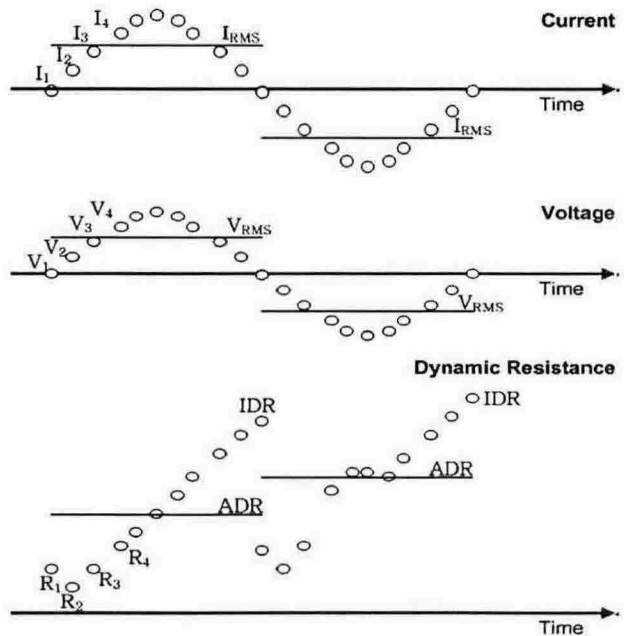


Fig. 3 The concept of ADR and IDR

- 평균동저항 (Average Dynamic Resistance, R_{av}, ADR) : Half cycle의 실효전류와 실효 전압에서 음의 법칙에 의해 계산한 저항값

$$ADR = \frac{\text{Half cycle의 실효전압}(V_{RMS})}{\text{Half cycle의 실효전류}(I_{RMS})}, \Omega \tag{3}$$

- 순시동저항 (Instantaneous Dynamic Resistance, R_{in} , IDR): 전류의 순시치와 같은 시각에 대응하는 전압의 순시치를 옴의 법칙에 의해 계산한 저항의 순시치로서 용접시에 동적으로 변하는 값

$$IDR_j = \frac{\text{전압의 순시치}(V_j)}{\text{전류의 순시치}(I_j)}, \Omega \quad \text{단, } j=1,2,\dots,n \quad (4)$$

Table 2는 half cycle 동안 평균 동저항과 순시동저항의 비교한 것이다.

Table 2 The comparison of ADR and IDR

In 1/2 cycle	ADR	IDR
Data sampling	1 point	continuous
Sensing of temperature change	no	yes
Splash prediction	no	yes
Splash judgment	after splash	before splash

3.4 순시동저항을 이용한 반사이클 단위의 발열 패턴 분석

Fig. 4는 AC 전원에서 냉접, 정상, 날림 발생 시 순시동저항을 Pattern A ~ F로 나타낸 것이다. Fig. 5는 Fig. 4의 날림 패턴을 확대한 순시동저항과 그에 따른 평균동저항의 날림 평가 시점을 나타내었다.

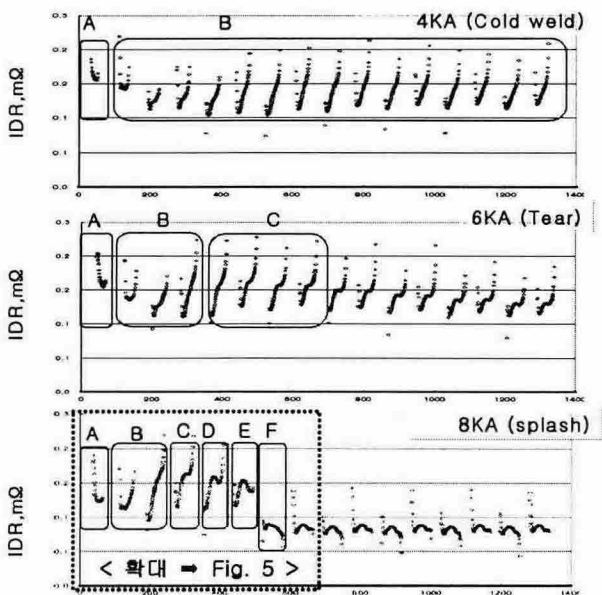


Fig. 4 IDR pattern in single phase AC power source

- Pattern A : 첫 half cycle 의 IDR
- Pattern B : 너깃생성 전 발열구간 IDR
- Pattern C : 너깃생성 및 성장 구간 IDR

- Pattern D : 날림 징후를 나타내는 IDR
- Pattern E : 날림 발생하는 순간의 IDR
- Pattern F : 날림발생 후 IDR

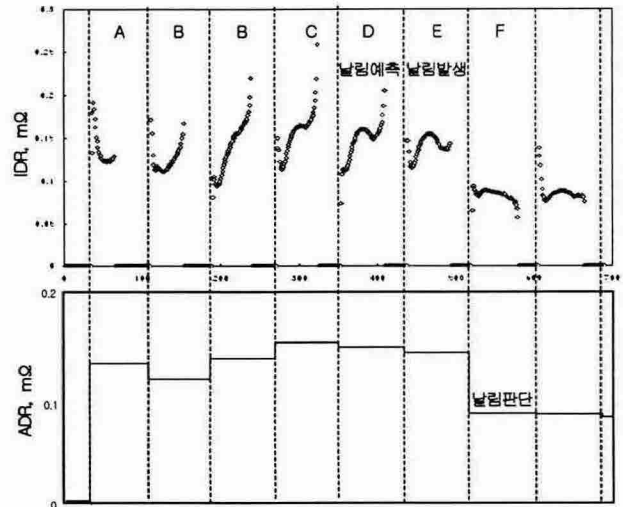


Fig. 5 The splash judgment of IDR and ADR

날림을 방지하기 위하여 적응제어를 적용하는 경우, 평균동저항에 의하면 날림이 생긴 후에 판단 가능하지만 순시동저항을 쓰면 날림발생 half cycle 전에 그 예측을 할 수 있다.

4. 결 론

- 1) AC 저항용접 품질을 모니터링하기 위하여 평균동저항과는 획기적으로 다른 순시동저항 개념을 정립하였다.
- 2) 평균동저항과 순시동저항 패턴도 함께 활용하면 전극의 초기 접촉상태 평가 및 발열 상태, 너깃생성, 너깃성장, 날림 상태 등을 매우 정밀하게 분석할 수 있을 것으로 기대된다.
- 3) 평균동저항에 의한 날림평가는 실제 날림발생 후 half cycle이 지난 순간에 판단하지만 순시동저항의 경우 날림이 발생하는 순간의 half cycle에서 판단할 수 있고, 그 half cycle 이전에 날림의 징후를 예측할 수 있었다.

참고문헌

- 1) S. M. Cho : Principle of Resistance Welding and Analysis of Monitoring Results, 大韓熔接學會, 1997.04
- 2) P.H.Thornton, A.R.Krause and R.G.Davies : Contact Resistances in Spot Welding, Welding Journal, 75-12(1996), 402-412