

순시동저항과 순시발열속도에 의한 인버터 AC 저항 용접기의 적응제어 알고리즘 개발

Development of adaptive control algorithm for Inverter AC spot welding machine by
instantaneous dynamic resistance and heating rate

손 준익**, 고 미혜**, 김 성덕**, 이 용기***, 이영배***, 조 상명****

* 동아대 대학원 전자공학과

** 부경대학교 대학원 소재프로세스공학과

*** 매일정기(주)

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

1. 서 론

저항용접은 단순화, 경량화 추세에 맞는 용접방법이지만 다량의 날림 발생 및 실시간 용접부 강도 측정이 어려운 문제점을 가지고 있다.

날림을 줄이고 용접부 신뢰성을 높이기 위해 용접 품질 평가방법에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 가장 손쉬운 방법은 샘플링 방법으로 용접부 강도를 추정하는 것이다. 그러나, 샘플링 데이터로 전체적인 용접 품질을 추정하기 때문에 실시간으로 변하는 용접 품질을 판단하기 어렵다.

지금까지 실시간으로 품질을 평가할 수 있는 모니터링 방법이 많이 개발되어 왔다.

초기에는 변압기 1차측에서 측정한 동저항과 발열량이 많이 사용되고 있다.

최근에는 변압기 2차측에서 동저항의 필요성이 대두되면서 여러가지 측정방법이 개발되고 있다.

본 연구에서는 인버터 AC 저항 용접기를 사용하여 변압기 2차측에서의 전류순시치와 전압의 순시치를 이용한 순시동저항(Instantaneous Dynamic Resistance, IDR)과 순시발열속도(Instantaneous Heating Rate, IHR)로 연속타점에 의한 접촉 직경(D_T)과 타점별 순간적인 접촉상태를 추정하는 적응제어 알고리즘을 개발하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

2.1 사용재료

본 연구에서는 피용접재를 일반적으로 자동차에 많이 쓰는 여러 종류의 판두께를 사용하였다.

Table 1은 사용한 피용접재의 화학적 조성과 기계적 성질을 나타낸 것이다. 전극은 도전율 75%이상의 크롬동이였으며, 직경 16mm, 선단경 4-8mm, CF type이었다.

2.2 실험방법

장기 타점으로 인한 전극팁 직경의 영향을 평가하기 위해 전극선단경을 변화시켰고, 인버터 AC 저항 용접기의 2차측 주파수를 가변시켰다. 냉접 및 Tear 파단 유무는 필시험을 하여 평가하였다.

용접전류는 100kA급 T-Coil을 사용하여 하부 홀더부에 부착하고, 용접전압은 10V 센서를 사용하여 양전극선단에서 약 10mm부분에 부착해서 나온 아날로그 신호를 A/D 변환기에 전송한 후 스폿 모니터링 시스템(WSM 3000N)에 의해 디지털 계측하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 순시동저항과 순시발열 속도의 개념

Fig. 1은 순시동저항과 순시발열속도의 개념도를 나타낸 것이고 그 정의는 다음과 같다.

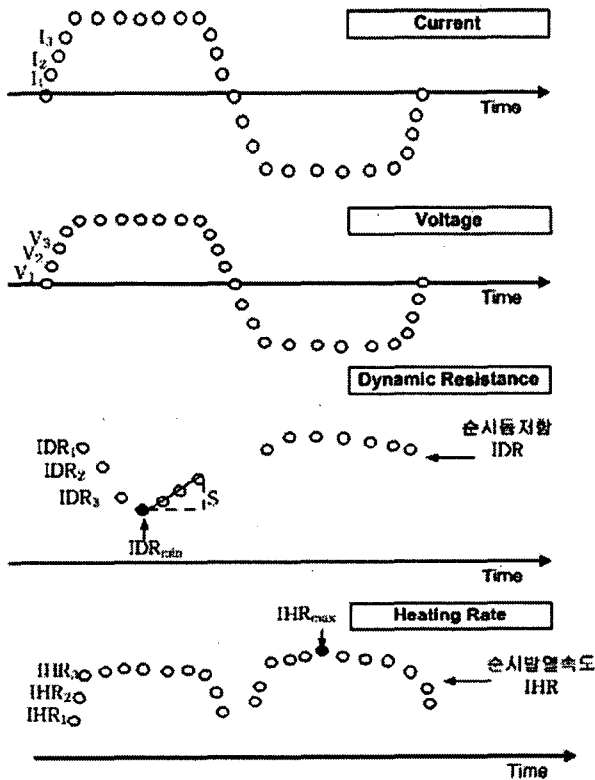


Fig. 1 The concept of IDR and IHR

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

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

- 순시발열속도(Instantaneous Heating Rate, IHR): 전류의 순시치와 같은 시각에 대응하는 전압의 순시치를 곱한 값

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

- IDR_{min} : 1st half cycle에서 최소 저항값, Ω
- S : IDR_{min} 이후 p 개 데이터의 직선기울기; Ω/sec
- IHR_{max} : 순시발열속도의 최대값, J/sec

3.2 연속타점에 의한 전극팁 접촉직경 D_T 의 추정에 의한 적응제어

연속타점 저항용접을 할 경우 전극팁 접촉경은 커진다. 이런 점을 보완하기 위해 자동 스텝업 기능이 있지만 널리 사용되고 있지는 않고 있다. 따라서, 전극팁 접촉직경 D_T 를 합리적으로 추정할 필요가 있다.

Fig. 2는 주파수별 전류증가에 따른 IHR_{max} 의 관계를 나타낸 것이다. 전류가 증가할수록 순시발열속도 IHR_{max} 는 증가했고 전극 선단경이 커질수록 IHR_{max} 는 감소하였다.

본 연구에서는 전류와 순시발열속도 IHR_{max} 를 이용하여 접촉직경 D_T 의 증가 추이를 추정하였다.

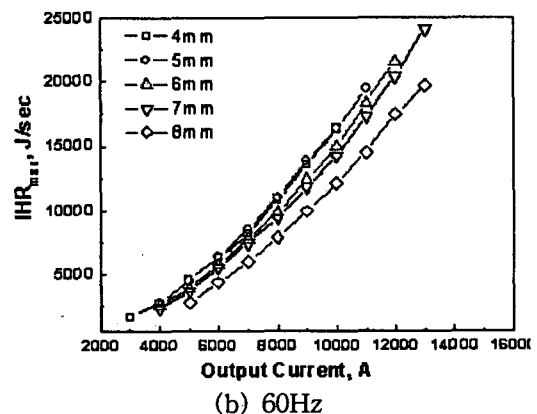
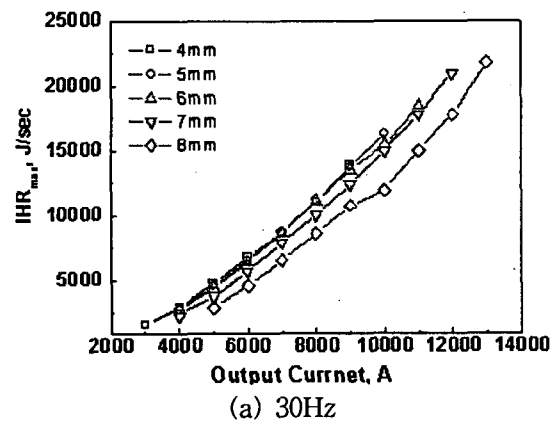


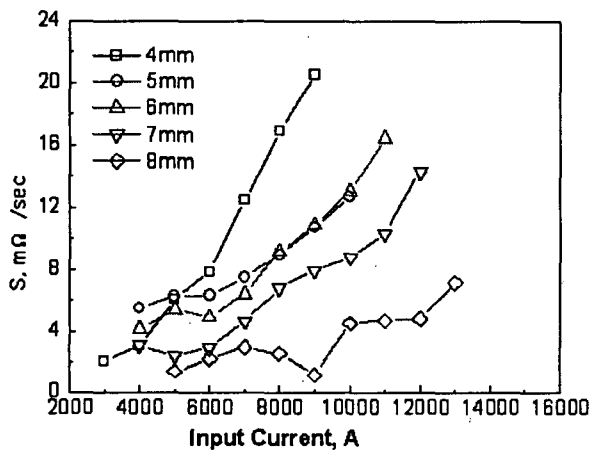
Fig. 2 IHR_{max} for current by secondary frequency(0.8mm)

3.3 타점별 순간 접촉 상태의 모니터링에 의한 적응제어

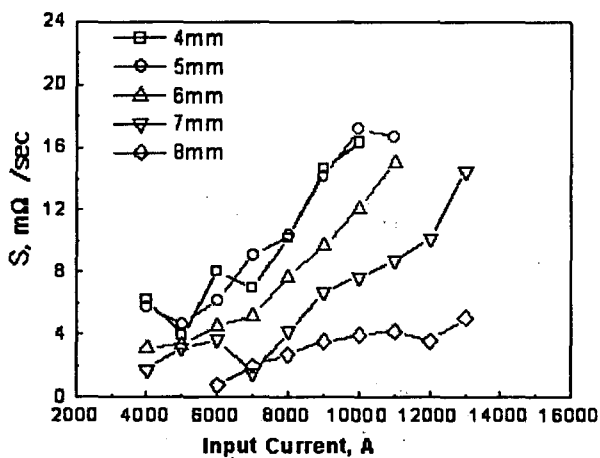
연속타점에 의한 접촉직경 D_T 의 증가 추이를 예측하는 것만으로 순간적인 접촉상태를 판단하기 어렵기 때문에 순시동저항의 기울기 S 를 이용하여 그 타점 순간의 접촉직경을 예측하였다. S 값의 변동을 고려하여 이동평균한 S_{mean} 과 그 타점 순간의 S 와의 관계를 Sigmoidal함수에 의해 그 타점의 전류 목표값에 보정값 C_s 를 곱하여 제어하는 방식이다.

Fig. 3은 주파수별 전류에 대한 S 의 관계를 나타낸다. 전류가 증가하고 전극선단경이 작을수록 S 값은 크게 나타난다.

Fig. 4는 S 비 R_s 에 따른 보정계수 C_s 의 관계이다.



(a) 30Hz



(b) 60Hz

Fig. 3 S for current by secondary frequency (0.8mm)

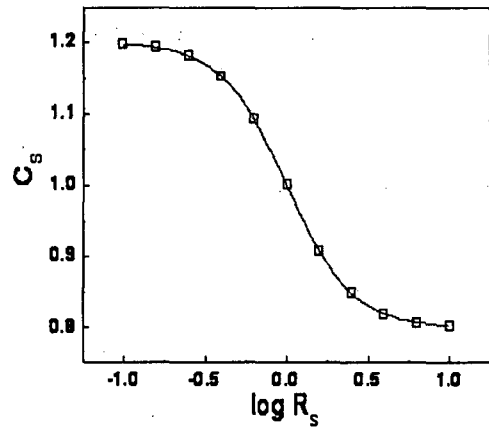


Fig. 4 Sigmoidal function by correction enumeration

4. 결 론

1) 전류 I 와 순시발열속도 IHR_{max} 에 의해 전극선단경 D_T 를 추정하는 식을 이용하면 장기타점에 의한 전극선단경의 변화를 예측할 수 있고 이에 의해 안정적인 적응제어가 가능하다.

2) 통전 초기의 순시동저항 기울기 S 를 모니터링하여 S 의 비 R_s 를 Sigmoidal함수에 적용한 보정값 C_s 로 계산하고 그 타점 순간의 접촉직경에 맞게 전류 목표값을 조절하는 적응제어 기술을 개발하였다.

참 고 문 헌

1. S. M. Cho : Principle of Resistance Welding and Analysis of Monitoring Results, 대한용접학회지, 제15권, 제2호(1997)
2. P.H.Thornton, A.R.Krause and R.G.Davies : Contact Resistances in Spot Welding, Welding Journal, 75-12(1996), 402-412
3. S. A. Gedeon, C. D. Sorensen, K. T. Ulrich and T. W. Eagar : Measurement of Dynamic Electrical and Mechanical Properties of Resistance Spot Welds, December (1987)
4. Nigel P. Cook : Practical Electricity & Electronics Second Edition 356-358