

서보 모터의 피드백 전류를 이용한 서보건의 가압력 제어에 관한 연구

The study of force control of servogun by using feedback current of the servo-motor

이용석*, 김태형*, 이세현**, 이철구***

* 한양대학교 정밀기계공학과

** 한양대학교 기계공학부

*** 서울 산업대학교 기계공학과

ABSTRACT Force is one of the most important variables with welding current and welding time in resistance spot welding. But a good force control method hasn't been come out on servogun resistance spot welding system. In this study, we prove the feedback current of the servo-motor can be used to an excellent force measuring sensor and the force can be also controlled by the feedback current.

1. 서 론

저항 점 용접은 1887년 Elihu Thomson 에 의해 고안된 이래 많은 발달을 이뤄왔고, 단순한 원리와 값싼 설비비로 차량의 차체부위의 접합에 많이 쓰여지고 있다. 자동차 생산의 자동화에 저항 점 용접이 도입되면서 서보건(servo gun)이 로봇의 끝 단에 연결되어 자유로운 움직임이 가능하게 되었다. 일반적으로 저항 점 용접은 공압을 이용한 공압건을 이용해 용접부에 가압력을 작용하였으나, 최근에 서보 모터를 이용하여 실시간으로 가압력, 위치를 변화시키는 제어방식으로 전환되는 추세이다. 하지만 현장에서 센서 부착이나 데이터 측정과 같은 문제 때문에, 서보건 끝 단의 가압력을 측정하기가 매우 어렵다. 본 연구에서는 서보건 서보모터의 피드백 전류가 서보건의 가압력 측정을 위한 훌륭한 센서가 됨을 보이고 이를 이용하여 서보건에 별도의 센서부착 없이 가압제어를 실현하였다.

2. 이론적 배경

2.1 서보건의 서보 모터 피드백 전류의
가압력 센서활용 이론

서보건은 저항 점 용접을 하기 위해 커다란 가압력이 필요하다. 따라서 서보건 전극에 작용하는 가압력과 비례함수 관계인 커다란 토크를 발생시키는 모터가 필요한데, 현재 값이 비교적 저렴하고 매우 큰 토크를 발생시킬 수 있는 AC서보 모터를 많이 사용하고 있다.

Fig. 1, 2는 각각 AC서보 모터의 내부 단면 구조와 내부에 흐르는 전류신호이다.

U상, V상, W상의 각 코일 위치에서의 자속 밀도를 각각 B_u, B_v, B_w 라고 하면

$$B_u = B \cdot \cos(\theta)$$

$$B_v = B \cdot \cos(\theta - 120^\circ)$$

$$B_w = B \cdot \cos(\theta - 240^\circ)$$

이 된다. 이때의 각각의 전류위치 I_u, I_v, I_w 를 자극회전각 θ 에 대해

$$I_u = I \cdot \cos(\theta)$$

$$I_v = I \cdot \cos(\theta - 120^\circ)$$

$$I_w = I \cdot \cos(\theta - 240^\circ)$$

가 되도록 제어하면 발생토크 T는

$$T = k(B_u \cdot I_u + B_v \cdot I_v + B_w \cdot I_w) = \frac{3}{2} k \cdot B \cdot I$$

과 같이 전류에 비례하게 된다.

B : 자속밀도 피크 값
 I : 전류 피크 값
 k : 상수

서보건의 가압제어는 저항 점 용접기의 전극이 서로 맞물릴 때의 제어로, 낮은 속도에서 제어된다. 따라서 모터 회전속도에 의해서 발생하는 역기전력에 의한 전류 감소는 없다고 하였다.

R_a : 전기자의 내부저항
 T_e : 전류에 의해 발생된 토크
 T_L : 부하 토크
 T_p : 실제 가압력
 k' : 상수

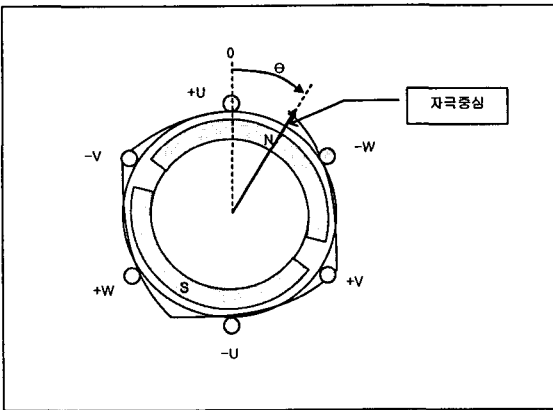


Fig. 1 AC서보 모터의 내부구조

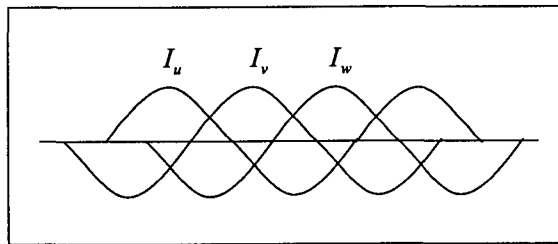


Fig. 2 AC서보 모터에 흐르는 전류 위상

2.2 PID 제어기를 이용한 가압력 제어

서보건의 PID제어기를 이용한 토크제어 시스템의 블록도는 Fig. 3과 같이 나타낼 수 있다.

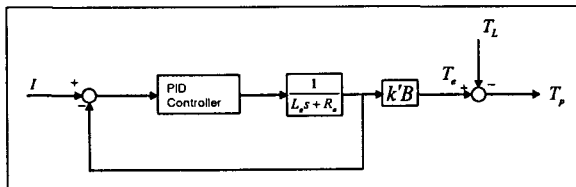


Fig. 3 서보건 토크제어 시스템

Fig. 3에서 원하는 모터 전류 값 I 가 입력되고 PID제어에 의한 모터 토크를 출력하게 된다. 여기서

L_a : 전기자의 인덕턴스

3. 실험

3.1 실험조건

본 연구에 사용된 서보건은 obara사의 SRCT-Y0002를 사용하였다. 상위 전극 단에 로드 셀을 부착하여 실시간으로 모터 피드백 전류와 비교할 수 있도록 하였다. 실제 저항 점 용접을 할 때와 같이 가압, 통전, 유지, 해지 시간을 유지하였다(Fig. 4, 5의 ①, ②). 그리고 가압력을 증가, 감소, 증가시켜 정상적인 가압력 제어가 됨을 보였다.

3.2 실험 결과

가압 제어결과는 Fig. 4, 5와 같다.

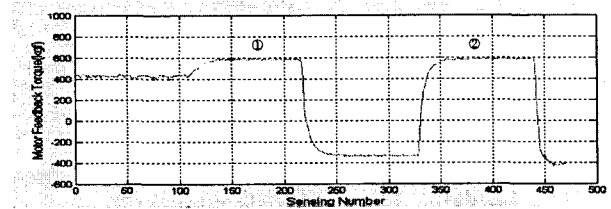


Fig. 4 모터 전류로 측정된 가압력

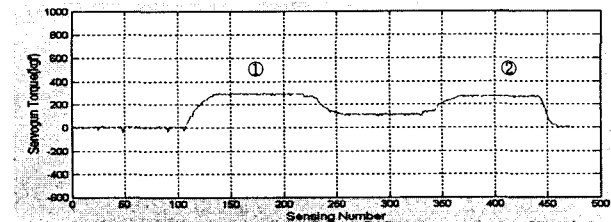


Fig. 5 로드셀로 측정된 가압력

Fig. 4에서 보는 것은 모터전류를 피드백 받으면서 측정된 토크 T_e 이다. 이는 부하 토크 T_L 을 포함한 토크로서 실제 가압을 제어하기 위해서는 부하 토크를 생각한 지령을 모터에 주어야 할 것이다. Fig. 5는 전극 단에 로드셀을 부착하여 측정된 데이터로 실제 가압력을 나타낸다. 하지만 ①과 ②에서 같은 모터 토크를 주었지만 실제 가

압력이 약간의 차이가 나는 것은 서보건의 전극의 움직임 방향을 바꿀 때 기구적 특징 때문에 일어나는 현상이다. 하지만 전극의 방향이 바뀌지 않으면 생각해 주지 않아도 되는 요소이다. 또한 Fig. 6에서 보는 것과 같이 전극양단이 접촉 후에는 탄성작용에 의하여 상위전극을 당길 때는 밀 때보다 적은 토크가 필요함을 알 수 있다.

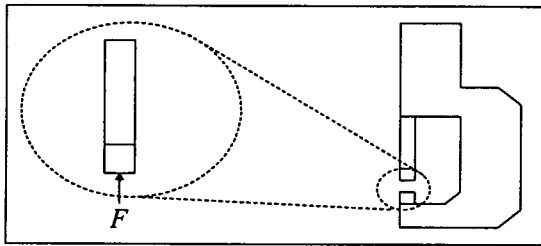


Fig. 6 서보건 끝 단의 탄성작용

6. 2002 신기술동향 조사 보고서-전기/전자분야 제3권, 특허청, p.179-188
7. 小山正人, 玉井伸三 著 : 산업용 서보모터의 제어시스템 설계, 대영사

5. 결 론

저항 점 용접 시 가압력은 용접 전류와 통전시간과 함께 3대 중요 요소로 꼽힌다. 현재까지 국내 산업현장에 서보건의 사용이 증가해 왔지만 가압력의 제어가 정확하지 않아 널리 보급되지 못한 것이 사실이다. 본 연구결과에서 보는 것과 같이 모터의 피드백 전류는 저항 점 용접 시 아주 좋은 가압력 센서의 역할을 할 수 있음을 보여주었다. 그리고 이 피드백 전류를 이용한 PID 제어기로 우수한 가압력 제어가 됨을 확인하였다.

후 기

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 직무기피요인해소사업에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

1. Hirsch, R.B.: Tip Force Control Equals Spot Weld Quality, *Welding Journal*. Vol. 72, No. 3(1993): 57-60
2. Irving, B. : Search Goes on for the Perfect Resistance Welding Control, *Welding Journal*. Vol. 75, No. 1(1996): 63-68
3. Colin Luthardt, Marc Gilbert and Tsutomu Mizuta : The Servo Controlled Spotwelding Gun, *Robot-Tokyo*, 1997, 114, 31
4. Kazutsugu Suita, Seiji Suzuki, Yoshitaka Sakamoto and Yoichi Shibata : Current Status of a spot-welding Gun for Automobile Body Assembly Lines incorporating a State of the Art Integrated Servo-motor, *Journal of Society of Automotive Engineers of Japan*, 1996, 50(12), 57-63
5. H. Tang, Wenkao Hou and S. Jack Hu : Servo Guns for Resistance Spot Welding