

서보전형 스폿용접기의 정전력 제어

김진우*, 김규식*, 원충연**, 최세완***
 서울시립대학교*, 성균관대학교**, 서울산업대학교***

Constant Power Control of Servo Gun-type Spot Welding System

Jin-Woo Kim*, Gyu-Sik Kim*, Chung-Yuen Won**, Se-Wan Choi***
 University of Seoul*, SungKyunKwan University**, Seoul National Univ. of Technology***

ABSTRACT

저항 스폿용접은 두 개의 금속판을 서로 겹쳐서 양쪽에 전극으로 압력을 가하면서 대전류를 흘려 보낼 때 재료의 접촉면의 저항에 의해 발생하는 줄열을 이용하여 재료를 용융시켜 두 모재를 접합시키는 방법이다. 산업현장의 자동 용접라인에서 로봇암의 끝단에 부착하여 사용하던 기존의 공압건은 시편에 주어지는 압력이 일정하여 실시간 가압력 변화가 어렵고, 전극벌림의 임의 조정이 불가능하였다. 본 연구에서는 서보 모터를 채용한 서보건 시스템의 실시간 가압력제어와 용접도중 일정한 파워를 공급하는 정전력 제어방식을 이용하여 용접 품질을 향상시키고자 한다.

1. 서 론

현재 산업현장에서 널리 적용되고 있는 싸이리스터의 위상제어를 이용한 스폿 용접기의 정전류 제어방식은 짧은 용접시간동안 동저항 특성을 고려하지 않아 스파터가 많이 발생되어 용접품질의 저하와 용접 주위의 오염을 초래하는 단점을 가지고 있다. 이를 보완하기 위해 인버터 방식의 정전력제어가 도입되었으나 이 역시 비선형시스템이기 때문에 제어기를 구성하기가 쉽지 않다는 단점을 가지고 있다. 기존의 저항 점 용접에 대한 연구에서 용접공정의 변수인 용접전류, 용접시간, 가압력에 대하여 주로 용접전류와 용접시간을 주로 제어하고 가압력은 일정한 값으로 설정하여 사용하여 왔다. 최근에는 공압건을 이용하는 방식에서 서보 모터를 이용한 제어방식으로 전환되어 공정의 고속화가 이루어지고 있다. 이와 같은 서보건은 모터를 이용한 토크제어를 함으로써 실시간으로 가압력제어가 가능하게 되었다. 기존의 공압건 같은 경우에는 접근 단계에서 시편과 접촉시 충돌음이 크게 발생하였으

나 서보건의 경우에는 정확한 위치제어가 가능하기 때문에 전극의 충돌음을 극소화 할 수 있고 용접건의 내구성과 마모에 상당한 이점을 가지고 있다. 서보건은 서보 모터에 의한 실시간 가압력제어가 가능하므로 기존의 공압건을 이용한 저항 스폿용접의 연구에서 초기에 일정한 가압력의 설정으로 인하여 저하되는 용접품질을 향상시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서는 서보 모터를 이용한 서보건 시스템의 실시간 가압력제어와 더불어 용접도중 일정한 파워를 공급하는 정전력 제어방식을 적용하여 서보전형 정전력 스폿용접시스템의 개발에 초점을 맞추고 있다.

2. 서보건 및 인버터 스폿용접 시스템

2.1 저항 스폿용접의 구성 및 특징

저항 스폿용접은 두 금속판을 전극 사이에 놓고 압력을 가하면서 0.3초 내외의 짧은 시간에 수천 암페어의 큰 전류를 흘리면 금속판 사이의 접촉 저항으로 인한 줄열로 인해 너겟(nugget)이 형성되도록 하는 전기 저항 용접의 일종이다. 인버터식 직류 스폿용접기의 전기적 구성을 그림 1에 나타내었다. 3상 상용전원에서 전압은 3상 정류기로 먼저 직류화되고, 이를 전해 컨덴서로 평활시킨 후 스위칭 소자를 이용해 사용 주파수보다 높은 주파수로

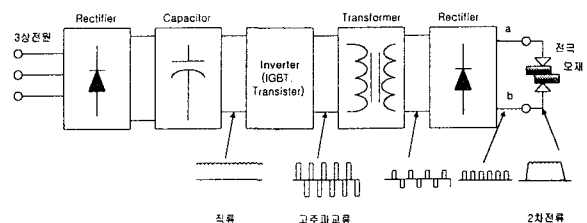


그림 1 인버터식 직류 스폿 용접기 구성과 각 부의 파형

교류화하고, 이 교류를 변압기 1차 회로에 공급한다. 그리고 공급된 전압은 전력용 변압기로 전압변환한 후 2차측에 구성되어 있는 전과정류회로를 통하여 부하에 직류를 공급하는 구조로 되어있다.

2.2 가압력제어를 위한 서보전

스폿용접건의 기술은 초기 실린더타입에서 서보 모터 제어방식으로 전환됨에 따라 스폿용접의 고속화가 진전되고 있다. 서보전은 모터를 이용한 토크 제어를 함으로써 실시간으로 가압력을 변화시킬 수 있다. 기존 공압건의 경우에는 접근단계에서 시편과의 접촉 시 충돌이 크게 발생하였으나 서보전의 경우는 정확한 위치제어로써 충돌을 극소화할 수 있기 때문에 용접건의 내구성과 마모에 있어서 상당한 장점이 있다. 또한, 기존의 공압건은 일정한 거리제어로 인하여 작업 대상물과의 간섭현상이 존재하는 반면에 서보전은 가변적인 거리가 가능하므로 작업 대상물에 대한 접근이 용이하여 작업의 유연성이 커진다. 공정시간의 측면에서는 서보전은 작업 대상물로의 접근시간의 획기적인 단축과 용접 공정중의 유지시간을 단축시킬 수 있다. 용접이 끝난 후에 일정한 거리로 회귀할 필요성이 없으므로 연속적인 타점인 경우 빠른 공정 특성을 지닌다. 6축 로봇과 더불어 서보전 모터의 동기적인 7축 제어를 하기 때문에 다른 용접타점으로 이동시에 용접건의 거리를 제어하여 위치 도달 즉시 용접이 가능하며 진동문제 등으로 인해서 긴 가압시간이 필요한 공압건과 달리 서보 모터의 제어에 의한 서보전은 빠른 응답특성으로 가압력을 가할 수가 있다. 서보전 용접기에서는 서보 모터에 의한 가압력의 실시간 변화가 가능하므로 기존의 공압건을 이용한 저항 점 용접에 비해 더 나은 용접품질을 얻을 수 있다.

서보전의 용접공정은 그림 2와 같이 접근-가압-용접-유지-휴지 단계로 이루어져 있다. 접근단계에서는 용접할 부위로 전극이 이동하는 순간이며 이때에는 정확한 위치제어가 필요하다. 가압단계에서는 용접되는 시편과 시편사이가 금속접촉을 일으키게 하며 저항을 원하는 수준까지 끌어내리는 역할을 한다. 용접단계는 설정된 용접전류를 용접시간 동안 흐르게 하면서 용융이 발생하는 실제 용접공정중 용접품질을 결정하는 가장 중요한 부분이다. 유지단계에서는 금속 재결합이 일어나서 서서히 식을 수 있도록 압력을 유지시켜주는 부분이다. 필요 이상의 압력으로 인해서 함몰현상이 발생하므로 가압을 용접단계보다 줄여준다. 가압력을 제거시키고 다음 용접 목표를 향해서 움직이는 「휴지」 단계로 이어진다.

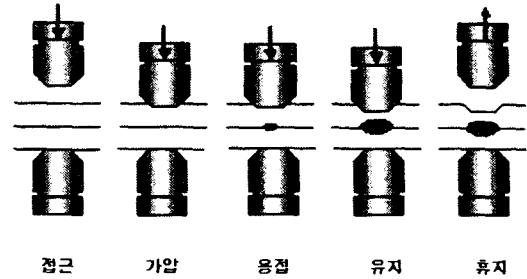


그림 2 저항 용접 공정별 서보전 제어

서보전을 이용한 저항 스폿용접기의 구성은 서보전, 인버터형 스폿용접 전원, 서보전과 용접전원을 제어하기 위한 컨트롤부로 되어있다.

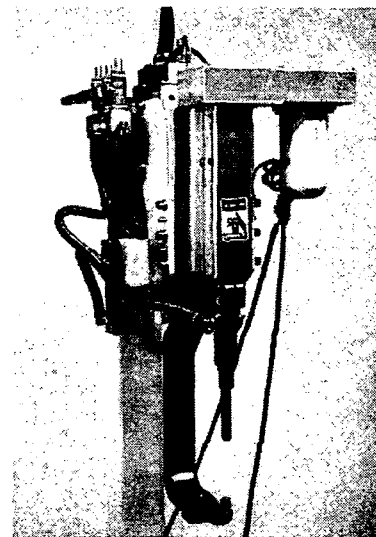


그림 3 서보전의 외관

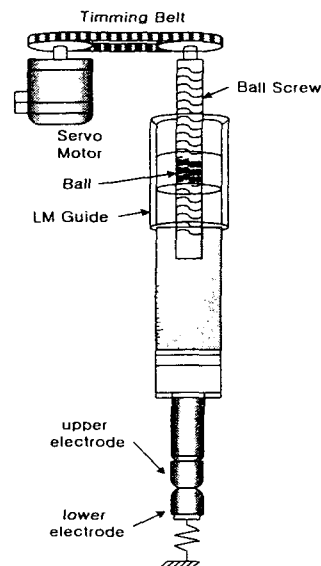


그림 4 서보전의 내부구조

그림 3과 그림 4에서 서보건의 내부구조를 볼 수 있듯이 서보건은 가압력을 생성하기 위한 서보 모터와 모터의 회전운동을 타이밍 벨트(timing belt)에 의해 평행축으로 힘을 전달하고 볼 스크류(ball screw)에 의해 회전운동을 전극의 직선운동으로 변환한다. 이때 LM 가이드(linear motion guide)는 직선운동의 축을 잡아주는 역할을 한다. 모터에 의한 토크 명령은 회전운동을 직선운동으로 전환하는 타이밍 벨트와 볼 스크류에 의해 가압력을 생성하는데 토크를 전달하기 위한 기계적인 특성에 의해 볼 스크류와 LM 가이드의 마찰력(friction)이라는 외란(disturbance)과 하부전극의 휨 현상이 있다.

2.3 실험 및 검토

본 논문에서 제안된 서보건형 정전력 스폿용접기의 성능평가 실험을 하기 위한 실험장치로 서보건을 제어하기 위해 Windows 98 환경에서 Visual C++으로 구현하여 서보모터의 토크제어를 행하였고, 제어신호 입출력으로는 NI(National Instruments)사의 데이터취득카드를 이용하였다. 또한 서보모터 드라이버, 서보 모터, 서보건으로 그림 5와 같이 시스템을 구성하였다.

그림 6과 같이 토크명령에 따른 가압력의 선형특성 실험결과, 서보건의 힘 전달구조에 따른 오차와 토크명령에 따른 타이밍 벨트와 볼 스크류에 의한 마찰성분이 큰 영향을 주며, 하부전극의 휨에 의한 강성 성분도 많은 영향을 주어 이에 따른 약간에 오차가 발생하였다. 그림 7에서 볼 수 있듯이 용접 공정중 토크명령을 주었을 때 가압력이 일정하게 유지된다. 하지만 실제 용접공정에서는 모재가 순간적으로 녹을 때 전극이 약간 이동을 하여 가압력을 유지하므로 약간의 함몰현상이 생길 수 있다. 이를 보완하기 위해서는 용접공정 후반부에 가압력 설정을 조금 낮게 설정해 주어야 하므로 더욱 더 정밀한 가압력제어가 요구된다.

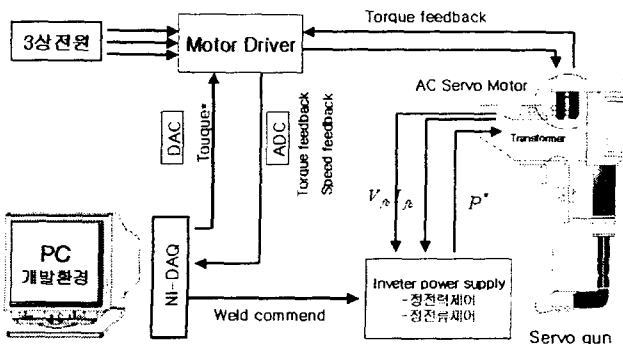


그림 5 시스템 구성도

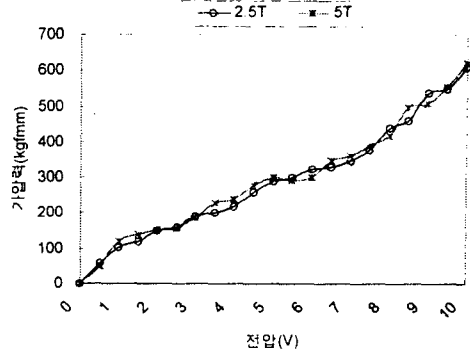
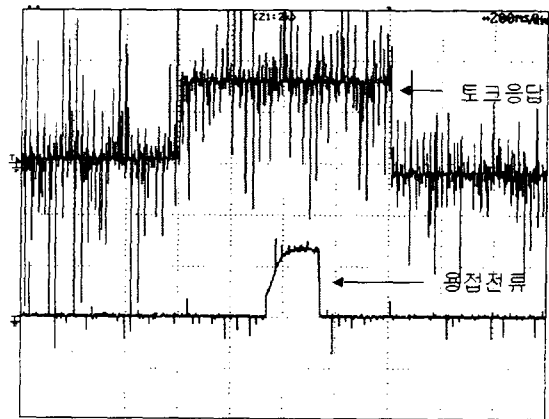
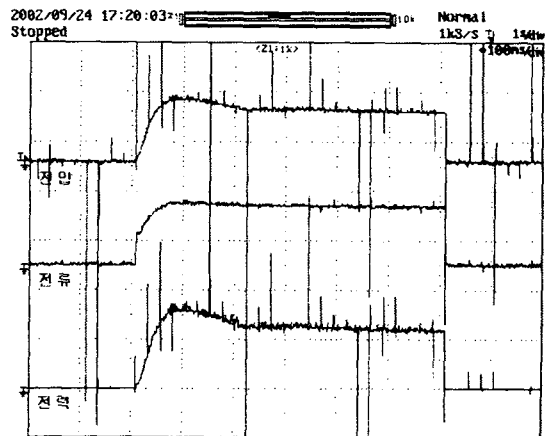


그림 6. 토크의 선형특성 실험결과 (스테인레스강의 경우)



(토크 [300N/div], 전류 [5000A/div], [200ms/div])

그림 7 용접공정중 토크특성 및 전류파형

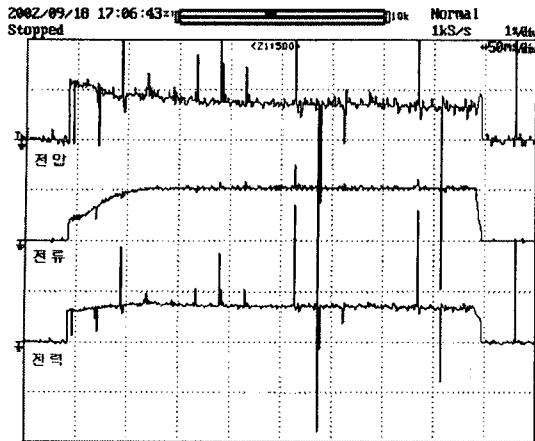


(전압 [2V/div], 전류 [5000A/div], 전력 [10KW/div], 용접시간 [100ms/div])

그림 8 정전류 제어방식의 전압, 전류, 전력 파형(기준전류 : 6[KA])

참 고 문 헌

- [1] Jun Seo-Moon, Gyu-Sik Kim, Jae-Mun Kim, and Chung-Yuen Won, "Power Control of Resistance Spot Welding System with High Dynamic Performance", *IEEE IECON' 97*. Vol. 2, pp. 845-849, Nov., 1997.
- [2] D. W. Dickinson, J. E. Franklin, and A. Stanya, "Characterization of spot welding behavior by dynamic electrical parameter monitoring," *Welding Journal*, Vol. 59, No. 6, pp. 170-176, 1980.
- [3] B. N. Waller and P. M. Knowlson, "Electrode separation applied for quality control in resistance welding," *Welding Journal*, Vol. 44, No. 4, pp. 168-174, 1965.
- [4] C. S. Chien and E. Kannatey-Asibu, "Investigation of Monitoring Systems for Resistance Spot Welding", *Welding Journal*, pp. 195-199, 2002.
- [5] 김재문, 원충연, "진화전력을 이용한 인버터 스폿용접기의 정전력 제어에 관한 연구", *한국퍼지 및 지능 시스템학회 논문지* Vol. 9, No. 1, pp. 97-105, 1999.



(전압 [2V/div], 전류 [4000A/div], 전력 [10KW/div], 용접시간 [50ms/div])

그림 9 정전력 제어방식의 전압, 전류, 전력 파형(기준전력 8[KW])

그림 8의 실험결과에서 정전류 제어방식의 경우에는 용접공정시 동저항 특성을 고려하지 않아 전류나 전압의 변화에 상관없이 일정한 직류전류가 용접시간 동안 공급된다. 그러나 그림 9에서와 같은 정전력 제어방식에서는 용접공정시 동저항 특성을 고려하여 전류와 전압의 특성이 달라지더라도 용접공정시 일정한 전력을 공급하게 되어 스파터 저감 및 용접품질의 향상을 가져온다.

3. 결 론

본 논문에서는 서보전력 스폿용접기에 대한 시스템을 구성하고, 실험을 통해 이를 고찰하였다. 스파터 저감과 용접품질 향상을 위해서 용접공정중 동저항 특성을 고려한 정전력 제어방식에 대해 실험을 통해 그 특성을 확인할 수 있었고, 초기 실린더 타입에서 서보모터의 토크제어를 이용한 서보전 시스템을 적용함으로써 용접공정중 실시간 가압력제어를 통하여 용접시간의 단축 및 전극마모 억제, 스파터의 저감 등 용접품질에 향상을 가져왔다. 향후에는 용접조건을 실험을 통하여 데이터베이스화하고 이를 실제 시스템에 실시간으로 적용할 수 있도록 추가적인 실험을 할 계획이다.

이 논문은 한국과학재단 목적기초연구(R01-2001-00306) 연구비 지원에 의하여 연구되었음