

서보건을 이용한 저항 점 용접 공정의 최적 용접 조건 설정에 관한 연구

Determination of Optimal Welding Condition using Servo-gun for Resistance Spot Welding

백정엽*, 김태형*, 이세현**

* 한양대학교 정밀기계공학과 대학원

** 한양대학교 기계공학부

1. 서론

저항 점 용접은 1887년 **Elihu Thomson** 에 의해 최초로 고안된 이래, 단순하면서도 가격이 저렴하고 생산성이 높아 차량의 차체부위의 결합에 많이 쓰여지고 있다. 자동차 생산의 자동화에 저항 점 용접이 도입되면서 용접건(welding gun)이 로봇의 끝 단에 연결되어 자유로운 움직임이 가능하게 되었다. 일반적으로 저항 점 용접은 공압을 이용한 용접건을 이용해 용접부에 가압력을 작용하였으나, 최근에 서보모터를 이용하여 실시간으로 가압력을 변화시키는 제어방식으로 전환되는 추세이다. 기존 공압건을 이용한 저항 점 용접에서는 가압력이 용접 공정 제어 인자로 정밀도의 한계가 있고, 용접중에 가압력 변화를 위해선 공압밸브를 조절하여 사용해야 하는 어려움이 있다. 또한 다양한 가압력을 위해선 각 가압력에 해당하는 가압 실린더가 필요하다. 이러한 문제점을 서보모터로 가압력을 제어하는 서보건(servo gun)을 이용함으로써 가압력과 용접 품질과의 관계를 살펴볼 수 있게 되었다. 이에 본 연구에서는 서보건을 이용해 용접 공정 제어인자에 가압력을 추가하여 가압력이 용접 품질에 어떠한 영향을 미치는지 분석하고, 이를 바탕으로 향상된 용접 품질을 얻을 수 있는 최적 가압 프로파일을 구하고자 하였다.

2. 서보건의 특징

서보건은 토크제어가 가능한 서보모터와 볼스크류를 조합한 직선운동으로 가감속, 속도, 위치, 토크 등을 소프트웨어에 의해 제어한다. 건 축의 스트로크를 변화하고 로봇과의 동시 동작으로 건 개방동작과 타점 이동동작을 동시에 실행 가능하다. 공압건에 비해 설정 가압력 도달속도가 빠르고 용접시간 단축이 가능하다.

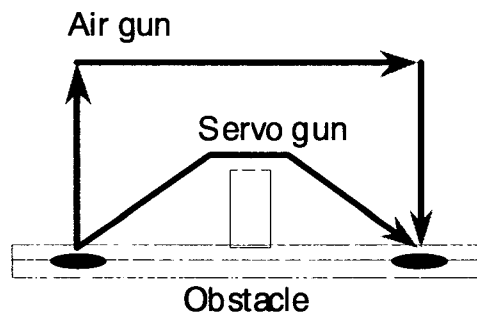


Fig. 1 Gun stroke control and synchronizing operating with robot

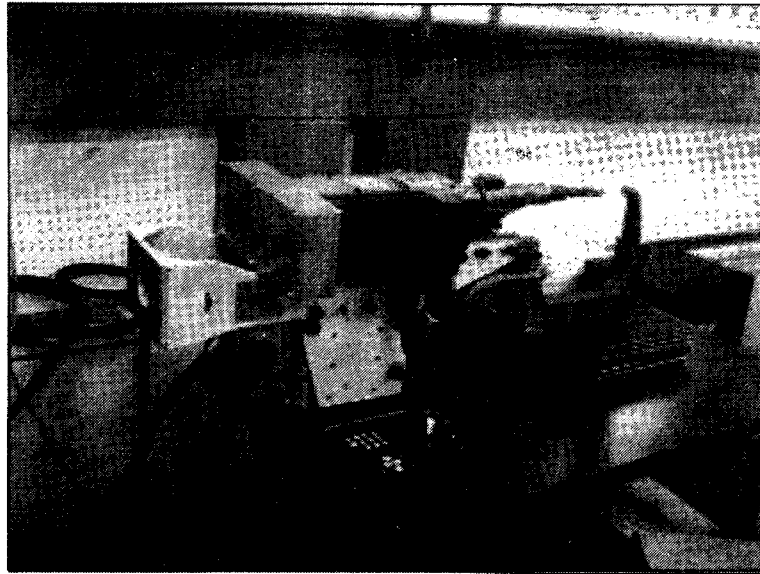


Fig. 2 Resistance Spot Welding System using Servo-Gun

3. 가압력의 용접품질에 미치는 영향 및 동저항 변화

용접 공정 제어인자로서 가압력이 용접품질에 미치는 영향을 알아보기 위해 서보건을 이용해 실험을 수행하였다. 실험 강종으로는 최근 자동차 경량화와 강도 강화 기준에 따라 자동차 차체 적용 필요성이 요구되는 **TRIP(Transformation Induced Plasticity)**강인 **TRIP60 ZnFe** 강을 사용하였으며 그 두께는 **1.2 t** 이다. 용접 수행후 저항 점 용접 품질의 판단 기준으로 전단인장강도(**tensile shear strength**)와 용접부의 오목 자국 깊이(**indentation**)를 사용하였고, 용접 품질 정보를 담고 있는 동저항을 측정하여 가압력 인자가 용접품질에 미치는 영향을 분석하였다. 가압력에 따른 전단인장강도와 오목자국깊이를 분석한 결과, 용접 적정 전류보다 저전류인 **6 kA** 인 경우, 전단 인장강도가 낮을 뿐 아니라 단면(**shear**) 파단이 발생하였다. **6kA**를 제외한 나머지 용접 전류값을 이용하여 실험하였을 경우 설정 용접 가압력이 낮으면 용접 초기 접촉 저항의 증가로 발생하는 초기 과도입열로 인해 용접부의 용융이 많이 발생하여 오목자국깊이는 증가하나, 용융이 생성되고 난뒤 용융부를 견고하게 만드는 가압력을 주지 못해 전단인장강도가 감소하는 경향을 보였다. 반면 적절한 가압력에서는 충분한 입열과 가압력으로 인해 전단인장강도가 증가함과 동시에 오목자국깊이도 낮음을 알 수 있다. 가압력이 적절한 수준을 넘으면, 초기 접촉 저항의 감소로 저항 발열량이 줄어들고, 이로 인해 전단인장강도가 감소하는 경향을 보여주었고, 통전 후 유지시간에 과도한 가압력을 받아서 오목자국깊이가 깊어진다는 것을 예측 할 수 있었다. 가압력 변화가 용접 품질을 나타내는 전단인장강도와 오목자국깊이에 많은 영향을 끼치고 있음을 알 수 있다. 이를 용접 공정중에 용접부 품질에 대한 정보를 갖고 있는 동저항을 이용하여 분석하고자 한다. 가압력이 낮을 때는 초기 접촉 저항값이 큰 것을 동저항 그래프를 통해 알 수 있었고, 이는 용접 초기에 과도입열로 인해 중간날림(**expulsion**)을 발생함을 확인할 수 있었다 또, 가압력이 클 때에는 초기 접촉 저항값이 적어 입열량이 적어지고, 동저항에서 용융이 시작되는 정보를 알려주는 베타피크까지 도달하는 시간이 길어졌음을 알 수 있다. 다른 용접 전류 조건인 경우에도 이와 비슷한 동저항 형상을 보였다. 단 저전류 용접 전류인 **6kA**에서는 용접 품질에 영향을 끼치는 인자중 용접전류의 값이 가압력의 경우보다 더 많은 영향을 미치므로 다른 형상을 보였다.

4. 저항점 용접에서 최적 가압 프로파일 작성

용접품질에 가압력이 큰 영향을 주는 인자임을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 고정된 가압력이 아니라, 보다 나은 용접 품질을 얻기 위해 용접공정 중 가압력을 변화시켜 용접부 품질을 향상시키고자 하였다.

동저항 곡선에서 살표본 바와 같이 용접 가압력이 적을 때에는 초기 접촉 저항 증가에 따른 저항 발열의 증가로 인해 용융이 빨리 생성되지만, 용융이후 즉, 베타피크이후의 가압력 부족으로 형성된 너겟의 강도가 떨어짐을 알 수 있다. 따라서 용융이 생성되고 난 뒤 가압력을 증가시킬 필요가 있다. 그러나, 일반적으로 저항 점 용접 공정중 통전 시간 이후 용융부의 냉각과 관련있는 유지 시간에 가압력이 크면 오목자국깊이를 깊게 만드므로, 전단인장강도값을 증가시키기 위해 단순히 가압력을 증가시킬 수가 없다. 따라서 적절한 가압력 증가가 필요하다. 이를 바탕으로 통전 시 베타피크를 기준으로 일정 가압력을 증가시키고 유지 시간 중 가압력을 감소시키므로써 보다 향상된 용접 품질을 얻고자 하였다.

5. 결론

저항 용접에서 공정 제어 변수인 전류, 통전시간, 가압력 중에서 전류와 통전시간이 용접품질에 미치는 영향은 앞선 연구에서 많이 알려졌다. 그러나 공압으로 제어하기에는 한계가 있는 가압력 인자를 본 연구에서는 서보모터를 이용해 제어 함으로서 가압력이 용접 품질에 미치는 영향을 살펴 보았다. 또 1차측에서 동저항을 측정함으로서 가압력이 용접 품질에 미치는 영향을 설명하였다. 이러한 결과를 분석해 용접 중 가압력을 변화시키는 최적 가압 프로파일을 작성하였으며, 이를 실험해 분석 함으로서 향상된 용접 품질을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 과학기술부가 지원하는 특정연구개발사업중 중점국가연구개발사업(기계설비요소기술개발)으로 지원되어 수행되었습니다.

참고문헌

1. Dickinson, D. W., Nippes, E. F., and Wassell, F. A.: Dynamic Contact Resistance of Series Spot Welds, *Welding Journal*, Vol. 57, No. 5, pp.176-181
2. Tsai, C. L., Dai, W. L., Dickinson, D. W., and Papritan, J. C.: Analysis and Development of a Real-timecontrol Methodology in ResistanceSpot Welding, *Welding Journal*, Vol. 70, No. 12, (1991), pp. 339s- 351s
3. Y.Cho, S.Rhee : Primary Circuit Dynamic Resistance Monitoring and its Application to Quality Estimation during Resistance Spot Welding, *Welding Journal*, Vol. 81, No. 6, (2002)
4. 김명준 : 저항용접, 도서출판 기문사 (1995)