

600MPa급과 1200MPa급 고장력강의 적응 제어형 저항 점 용접에 관한 연구

A Study on the Adaptive Resistance Spot Welding for High Strength Steel of 600Mpa and 1200Mpa Grade

이영주*, 송영채*, 정병훈*, 이문용*

* (주)성우하이텍 기술연구소

ABSTRACT The resistance spot weld is among the most common automotive weld method, now a constant current type is the most common used types. A constant current type have a weak point which can not deal with a defect occurrence by external factors, and recently the adaptive resistance spot weld have been applied around the advanced automotive company. This technology can maintain a stable weld quality through a suitable control the current and weld time with weld environment. In this research, the adaptive resistance spot weld is applied to high strength steels, and its application possibility and weld characteristics are presented.

1. 서 론

저항 점 용접은 1877년 Thompson에 의해 소개된 이후로 꾸준한 발전을 이루어 왔다. 값싼 비용과 간단한 원리 등의 장점을 토대로 현재도 가장 많이 사용되어지고 있는 차체 용접법 중 하나이며, 앞으로도 계속적인 사용이 예상되고 있다. 일반적으로 차체 한 대를 조립하는데 수 천점의 저항 점 용접이 수행되며, 각각의 용접점은 차체 강성에 직접적인 영향을 미치고 있다. 이로 인해 저항 점 용접은 보다 안정적인 너깃을 형성하는데 그 기술 발전의 초점을 맞추게 되었고, 현재 정전류 타입이 가장 일반적으로 사용되고 있다. 정전류 타입은 용접 중 설정한 전류값이 일정하게 유지될 수 있도록 제어하게 되는데, 설정된 전류값이 스페터 발생, 이물질, 셉트, 전극 정렬 불량, 매칭 불량 등과 같은 환경적인 원인이 발생했을시 100% 너깃 형성에 기여했는지 보장할 수 없다는 단점이 있다¹⁾.

이런 현상을 해결하기 위해 자동차 선진국을 중심으로 실제 용접상황을 반영하는 인자인 동저항을 측정하여 상황에 따라 전류와 용접시간을 제어하는 적응제어형 저항 점 용접 기술이 개발되었고, 현재 선진 완성차 업체를 중심으로 현장 라인에 적용되고 있다. 국내의 경우에도 완성차

업체를 중심으로 적용이 되고 있으나, 적용 시점이 외국에 비해 많이 지연된 것이 사실이다. 그로 인해 적응 제어형 저항 점 용접(Adaptive Resistance Spot Weld) 기술의 적용 한계와 재질에 따른 용접성, 특히 고장력강에 대한 연구 결과가 국내에서는 찾아보기 힘들다.

고장력강은 저항 점 용접이 일반강에 비해 까다로운 것으로 알려져 있다. 합금원소의 첨가량이 많아 적정 용접전류범위가 상대적으로 좁고, 용접부에 기공 및 균열이 발생하기 쉽다. 또한, 유지시간에 대한 영향이 일반강에 비해 커 유지시간이 짧으면 기공이 생기기 쉽고, 길면 취화조직이 증가하여 계면파단이 발생하기 쉽다는 특징을 가지고 있다²⁾.

본 연구에서는 적응 제어형 저항 점 용접을 이용하여 1200MPa급과 600MPa급의 겹치기 용접을 실시하였다. 선정된 재질은 국내 자동차에 사용되어지는 고장력강의 조합 중 하나로 적응 제어형 저항 점 용접을 이용한 고장력강의 저항 점 용접의 특성과 적용성에 대해 고찰하였다.

2. 실험방법

실험에 사용된 시편은 고장력강 1200MPa급 1.8mm와 600MPa급 2.0mm으로 국내 KS 규

격에 따라 125mm×40mm로 제작된 후 겹치기 용접을 실시하였다. 선정된 두께는 일반적으로 사용되는 두께보다 두꺼운 것으로, 적응 제어형 저항 점 용접의 적용 가능 한계를 알아보기 위함이다.

Table 1 Welding condition of experiments

Welding current(kA)	7, 8, 9, 10, 11, 12
Welding time(ms)	300, 350, 400, 450, 500
Electrode force(kN)	6.55

일반적으로 적응 제어형 저항 점 용접은 전류, 통전시간, 전류상승기울기를 조건변수로 한다. 이에 따라 가압력을 고정하고, 전류와 통전시간을 변수로 두었다. 전류상승기울기는 전류와 통전시간에 따라 자체적으로 설정되는 수치를 사용하였다.

또한, 유지시간을 100ms에서 500ms까지 100ms씩 변화시켜 용접한 후 전단인장하중과 파단 형태 및 용접단면분석을 통해 유지시간 변화에 대한 용접 특성을 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 전류 및 통전시간 변화에 따른 결과

각 용접조건에 따라 5개의 시편이 제작되었고, 평균 전단인장하중값을 결과치로 선택하였다.

전단인장하중 시험 결과 7, 8kA에서는 계면파단이 발생하였으며, 9, 10kA에서는 모두 플러그 파단이 발생하였다. 특히, 스패터가 최초 발생한 11kA 이후에도 대부분 플러그 파단이 발생하였으며, 계면파단도 통전시간 350ms일 때 전류 11, 12kA에서 한 번씩 발생하였다. 이는 과도한 스패터 발생으로 인해 적응 제어형 저항 점 용접의 제어 한계를 벗어난 결과로 사료된다.

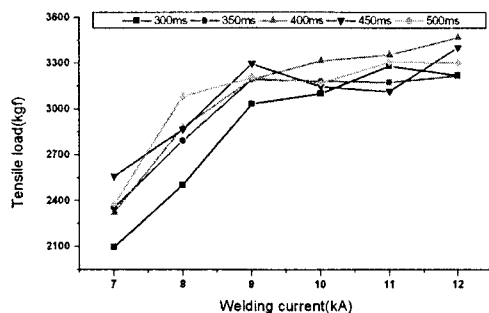


Fig. 1 Tensile load change according to welding current

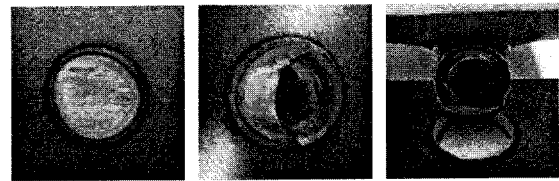


Fig. 2 Three types of fracture shape after tensile load test

일반적으로 저항 점 용접시 최초 스패터 발생 후부터는 전단인장강도가 감소하는 것으로 알려져 있다. Fig 1에서 나타나듯이, 본 실험에서는 스패터 발생 후에도 약간이나마 전단인장하중이 상승하는 것으로 나타났다. Fig 3에 나타난 너깃 직경을 기준으로 평균 강도값을 계산해보면 통전시간 450ms일 때, 10kA의 평균 전단인장강도는 64.35kgf/mm², 스패터가 발생한 12kA에서의 평균 전단인장강도는 66.25kgf/mm²으로 오히려 12kA에서 상승한 것을 알 수 있다. 이는 스패터 발생시에도 제어를 통해 안정적인 너깃을 형성하는 적응 제어형 저항 점 용접의 기술적 특성이 반영된 것으로 Fig 3에서 알 수 있듯이 과도한 스패터 발생에도 기공이 관찰되지 않음이 이를 뒷받침 해주고 있다.

Table 2에는 설정 통전시간과 실제 통전시간을 나타내었다. 11kA까지의 전류 조건에서 통전시간을 400~450ms로 설정했을 때, 실제 통전시간은 394ms로 모두 동일함을 알 수 있다. 동일 통전시간에서 전류가 12kA일 때, 실제 통전시간은 오히려 늘어난 것을 알 수 있는데, 이

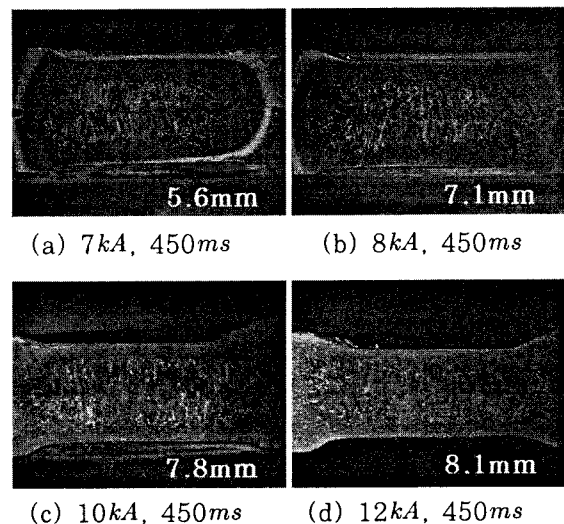


Fig. 3 Cross section of adaptive spot weldment at weld time 450ms

Table 2 Real welding time

전류(kA) \ 설정시간(ms)	300	350	400	450	500
7	310	370	394	394	394
8	305	360	394	394	394
9	305	360	394	394	394
10	305	360	394	394	394
11	305	360	394	394	394
12	305	360	415	470	525

는 과도한 스파터의 발생으로 인한 용접 너깃의 손실을 보완하기 위함이며, Fig 3에서 너깃 직경이 더 커진 것으로 유추해 볼 때 그 사실을 확인할 수 있다.

또한, Table 2에서 나타나듯이 각 용접 조건에서 분명 최적 통전시간이 존재함을 알 수 있으며, 이것은 현장에서의 용접조건 설정시 통전시간에 대한 용접성 실험 축소와 과도한 통전시간을 방지하여 용접 품질을 향상시킬 수 있음을 제시하고 있다.

3.2 유지시간 변화에 따른 결과

본 절에서는 전류 10kA, 통전시간 450ms, 가압력 6.55kN의 조건에서 유지시간을 100~500ms까지 100ms씩 변화시켜 실험을 실시하였다.

모든 조건에서 스파터는 발생하지 않았으며, 전단인장하중 시험결과 모두 플러그 파단이 발생하였다. 또한, Fig 4와 같이 용접 단면 관찰 결과 기공은 보이지 않았고 유지시간이 길어질수록 너깃 직경이 감소하는 경향을 볼 수 있다. 평균 전단인장하중시험 결과는 3110~3210kgf까지 모든 조건에서 거의 유사한 결과값을 보이고 있다.

본 실험을 통해 적응 제어형 저항 점 용접을 적용하면 고장력강의 유지시간에 대한 특성 반영을 최소화 할 수 있음을 확인할 수 있었다.

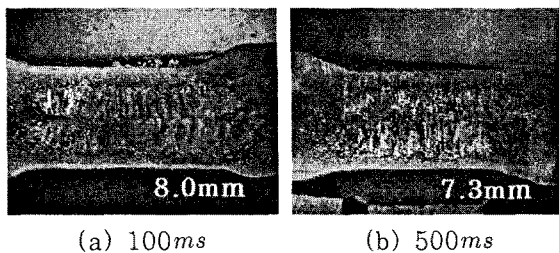


Fig. 4 Cross section of adaptive spot weldment according to hold time changing

4. 결 론

적응 제어형 저항 점 용접의 고장력강 용접성 특성 파악에 관해 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 최초 스파터가 발생한 11kA 이후에도 전단 인장하중은 감소하지 않았고, 오히려 상승하는 경향을 나타내었다. 또한, 스파터 발생으로 인한 너깃 직경의 감소 및 기공 발생의 결합적 요인도 관찰되지 않았으며, 플러그 파단이 발생하였다. 이는 용접 상황에 따라 전류와 통전시간을 제어하는 적응 제어형 저항 점 용접의 기술적 특성이 반영된 것으로 사료된다.

2) 적응 제어형 저항 점 용접 기술이 판단하는 최적의 통전시간이 존재함을 확인할 수 있었다. 이로 인해 과도한 통전시간 설정시에도 입열량의 과다 투입을 방지하여 용접 품질을 확보할 수 있음을 확인할 수 있었다.

3) 고장력강에 대한 적응 제어형 저항 점 용접시 유지시간에 따른 용접성을 검토한 결과, 모든 조건에서 플러그 파단이 발생하였으며, 평균 전단인장하중값도 거의 유사하였다. 또한, 유지시간을 일반적인 생산현장 조건보다 짧게 설정하여도 기공은 관찰되지 않았으며, 긴 유지시간에도 취화조직의 증가로 인한 계면파단이 발생하지 않았다. 따라서, 유지시간에 대한 영향을 거의 받지 않음을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 산업자원부 2010생산기반혁신기술 개발사업 지원으로 수행된 연구임.

참 고 문 헌

1. Yongjun Cho, Sungpil Ryu, Insung Chang and Hyunhee Jung : Intelligent Resistance Spot Welding System and its Automotive Body Application, Journal of KWS, 47 (2006), Proceedings of the 2006 autumn annual meeting of korean welding society, 77-79
2. Mokyoung Lee, Kichul Kim and Youngguk Kweon : The High Strength Steels for Light Car Body and its Welding Technology, Journal of KWS, 22-3(2004), 214-218