

STS 301L강의 Spot용접성에 미치는 용접조건의 영향

Effects of Welding Condition on the Spot Weldability of STS301L Stainless Steel

산업과학기술연구원, 안상근, 이종봉
포항제철(주) 이일구

1. 서론

준안정 오스테나이트계 스테인리스강인 STS301L은 내식성이 우수할 뿐 아니라, 냉간압연시에 생성되는 변형유기 마르텐사이트에 의한 가공경화능이 우수하여 냉간 압하율의 조절에 의해서 광범위한 강도를 확보할 수 있다는 특징때문에 주로 철도차량용 강재로서 사용되고 있다.

본 연구는 이러한 STS301L을 이용한 철도차량의 제작시 필수불가결한 spot용접특성을 극대화하기 위해, 강도가 상이한 동종 및 이종강재의 용접성에 미치는 용접전류, 통전시간 등 각종 영향 인자에 대하여 검토하였다.

2. 실험방법

시험재는 국산 시판재인 두께 1.2 ~ 3.0mm의 STS301L강으로서 LT, ST, HT grade를 사용하였으며, 그 화학조성은 Table 1에 나타났다. Spot용접성은 용접부의 인장전단강도(TSS)로서 평가하였으며, 사용한 용접조건은 용접전류 5 ~ 15.2kA, 통전시간 5 ~ 36cycle, 가압력 600 ~ 900kgf의 범위로 했다. 또 전극은 상하 모두 D type의 전극tip을 사용하였다.

Table 1 Chemical compositions of STS301L plate used (wt.%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	B	N
0.024	0.58	1.10	0.028	0.003	17.4	7.10	0.16	0.2	0.008	0.127

3. 실험결과 및 고찰

Spot용접시 용접전류, 통전시간 및 가압력은 안정한 용접부 품질의 확보를 위한 주요 인자로서 이들 인자들과 TSS와의 관계를 검토했다. 먼저 용접전류 및 통전시간이 일정한 조건하에서 가압력만을 증가시키면 용접판재간의 접촉저항이 저하하여 발열량이 적어지므로 TSS가 감소한다. 반면에 가압력을 감소시키면 접촉면이 불안정하여 spatter 등에 의한 용접결합이 발생된다. 또한 적정 용접전류 미만에서 spatter가 발생하기 시작하면 전류의 증가에도 불구하고 TSS의 증가는 기대하기 어렵다. 따라서 안정한 용접부 품질을 확보하기 위해서는 일정치 이상의 가압력이 필요하다. 이러한 가압력의 검토를 위하여 ST grade를 600 ~ 830kgf로 변화시킨 결과, 800kgf이상의 가압력이 필요함이 확인되었다. 따라서 HT grade가 고강도임을 고려하여 LT, ST 및 HT grade의 적정 용접조건 설정을 위해서는 900kgf의 일정한 가압력을 사용했다.

Fig.1은 용접전류 9kA, 가압력 830kgf의 일정조건하에서 ST grade의 spot용접시 용접부의 TSS에 미치는 통전시간의 영향을 나타낸 것이다. 통전시간의 증가와함께 TSS는 증가하며 장시간 영역에서는 그 증가폭이 감소하는 경향을 보이고 있다. 이와같은 경향은 용접전류와 가압력의 변화에 관계없이 동일함을 확인했다. 이것은 통전시간의 증가와 함께 용접전류와 접촉저항에 의한 발열량은 증가하지만, 전극형상 및 판재두께에 따른 발열부의 크기 제한과 열발산때문에 nugget의 일정치 이상으로의 성장이 억제되기 때문이라고 생각된다.

한편 용접조건의 선정시 용접전류는 다른 인자들에 비해 특히 중요하다. 통전시간 9cycle, 가압력 830kgf의 일정 조건하에서 ST grade의 spot용접시 용접부의 TSS에 미치는 용접전류의 영향을 Fig.2에 나타냈다. 용접전류의 증가에 따라 TSS가 급속히 증가하지만, 일정 전류범위 이상에서는 spatter의 발생과 함께 강도저하, 용접결합, 표면상태 불량 등의 부작용때문에 적정 용접전류 범위의 상한설정이 필요하다. Fig.3은 830kgf의 일정한 가압력하에서 용접전류와 통전시간의 변화에 따른 spatter의 발생조건을 나타낸 것으로, 시험조건의 범위내에서는 spatter가 발생하는 용접전류가 통전시간에 관계없이 일정하게 나타나고 있다. 따라서 spatter의 발생은 용접전류에 크게 의존하며, 상기의 조건하에서는 적정 용접전류의 상한이 약 9.2kA임을 알 수 있다.

한편 spot용접조건의 적정 범위는 일정 가압력하에서 용접전류와 통전시간을 변화시켜 기준치이상의 TSS를 갖는 범위로 설정하였다. 전술한 바와같이 가압력은 grade나 판재두께에 관계없이 900kgf를 사용하였다. 또 용접전류의

상한은 Fig.3과 같은 spatter diagram으로부터 결정하였으며, 통전시간은 TSS가 포화되는 부분을 상한으로 하였다. 용접전류 및 통전시간의 하한은 기준강도의 설정후 Fig.1 및 Fig.2와 같은 통전시간-TSS 및 용접전류-TSS와의 관계로부터 결정할 수 있다. 용접전류-통전시간의 관계로부터 측정된 강도를 일정 기준으로 분류하여 보면 적정 강도를 얻을 수 있는 적정 용접전류 및 통전시간의 범위를 동시에 결정할 수 있다. Fig.4는 ST grade의 spot용접 시험결과를 상기의 방법과 같이 나타낸 것으로, 현재 철도차량 제작업체에서 사용하는 최소 강도인 1632kgf를 기준으로 분류할 경우 실선이 적정 범위의 경계임을 쉽게 알 수 있다. Fig.5는 동일한 방법으로 HT grade와 LT grade의 spot용접 시험결과를 나타낸 것으로, AWS 및 철도차량 제작업체의 최소 강도에 의한 분류를 각각 점선 및 실선으로 병기하였다. 이와같이 임의의 기준강도가 설정되면 본 도표를 이용하여 적정 용접조건 범위를 용이하게 설정할 수 있을 것이다.

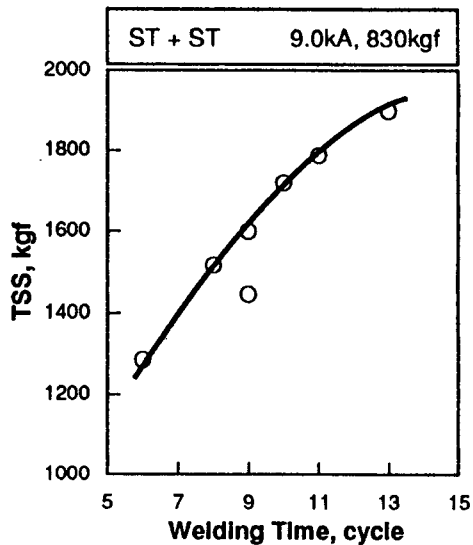


Fig.1 Effect of welding time on tensile shear strength

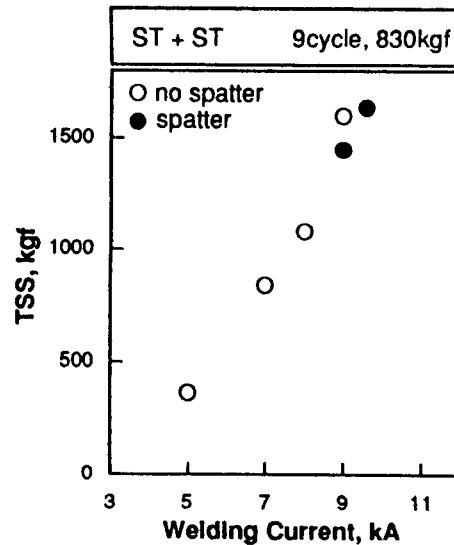


Fig.2 Effect of welding current on tensile shear strength

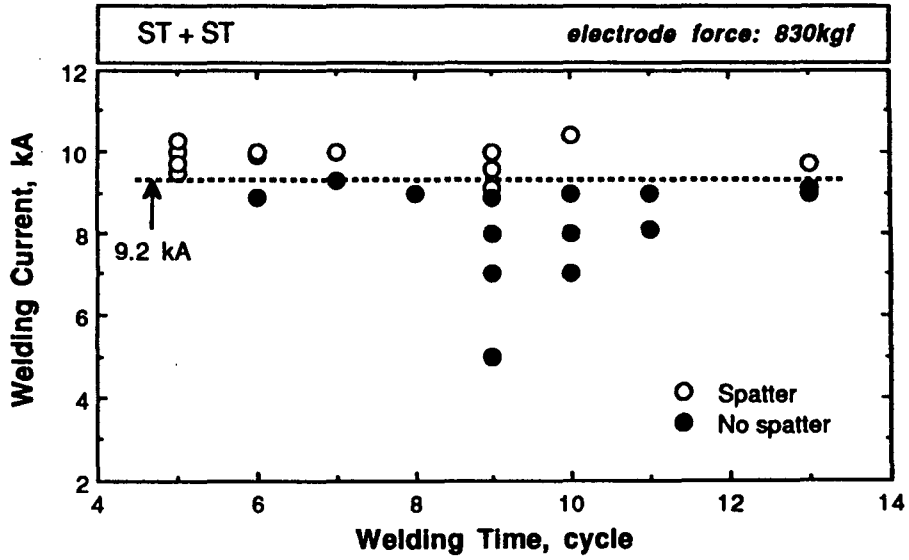


Fig.3 Spattering diagram and the upper limit of welding current

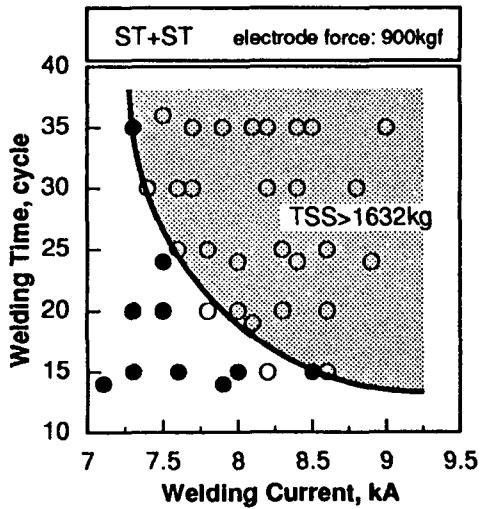


Fig.4 Contour line of TSS in current-time diagram (ST grade + ST grade)

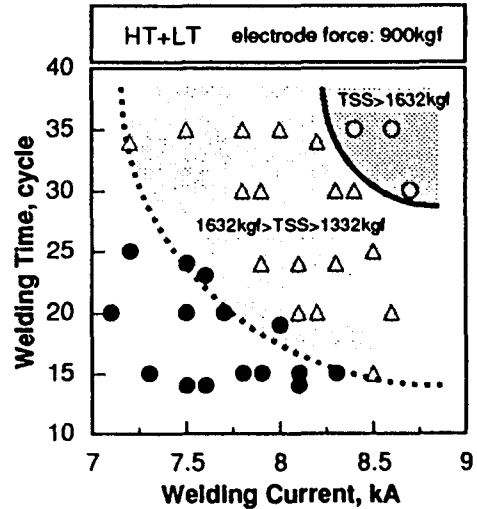


Fig.5 Contour line of TSS in current-time diagram (HT grade + LT grade)