

고강도강(590MPa급) Flash butt 용접부의 미세조직학적 특성 및 파단기구

Microstructural Properties and Fracture mechanism of the Flash butt Welded Joint of High Strength steel (590MPa)

정 보영*, 우 인수*, 이 중봉*
* POSCO 기술연구소 접합연구그룹

1. 서 론

플래시버트 용접은 신뢰성이 높은 고능률의 맞대기용접법으로서 널리 사용되고 있고, 이에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다¹⁻³⁾.

일반적으로 플래시버트 용접성은 저합금강에서는 양호하지만, 고합금강에서는 강도향상을 위해 첨가한 합금원소의 영향으로 용접부 강도확보가 어려운 경향이 있다. 따라서, 본 연구에서는 최근 자동차 산업에서 강도 및 성형성이 우수한 강종으로 주목을 받고 있는 DP(Dual Phase)강의 플래시버트 용접성을 파악하기 위해, 플래시버트 용접을 실시하고, 용접부의 미세조직학적 특성 및 기계적 특성을 검토하고 용접이음부 파단원인을 조사하였다.

2. 실험재료 및 실험방법

2.1 실험재료

본 연구에 사용된 590MPa급 DP강의 화학조성을 표2.1에 나타낸다. 또한, 그림2.1에 실험재료의 광학현미경 미세조직을 나타낸다. 사용한 DP강은 페라이트 기지에 저탄소 마르텐사이트 콜로니가 혼합된 미세조직을 나타내고 있다. 용접에 사용한 강재는 두께2.3mm, 폭1200mm의 판재를 이용하였다.

2.2 실험방법

실험에 사용한 플래시버트 용접조건을 표2.2에 나타낸다. 용접시험편을 습식연마 후, 3% 나

이탈 부식액을 이용하여 미세조직을 현출하고, 용접부 단면조직을 관찰하였다. 용접부의 경도분포는 마이크로비커스 경도기를 이용하여 측정하였으며, 측정하중은 4.9N로 하였다. 또한, 용접이음부의 특성을 파악하기 위해 인장시험 및 에릭슨시험을 실시하였다. 인장시험에 사용한 sub-size시험편의 형상을 그림2.2에 나타낸다. 이 때, cross-head의 이동속도는 5mm/min로 하였다. 에릭슨시험은 직경 20mm, 10mm/s의 속도로 시험을 실시하였다. 또한, 에릭슨시험 후, 용접이음부 파단시험편의 파단면을 SEM을 이용하여 관찰하였다.

3. 실험결과

3.1 용접부의 조직해석 및 경도분포

플래시버트 용접부의 단면조직을 그림3.1에 나타낸다. 용접라인을 따라 백색의 페라이트층이 형성되고 있음을 알 수 있다. HAZ 고온역에서는 마르텐사이트 혹은 베이나이트가 생성되고 있다. HAZ 저온역(D)에서는 용접입열에 의해 형성된 조대한 페라이트와 템퍼링된 마르텐사이트로 판단되는 조직이 혼재하고 있다.

그림3.2에 용접부의 경도분포를 측정한 결과를 나타낸다. HAZ 고온역을 포함한 용접부 중앙에서는 마르텐사이트 및 베이나이트 변화가 일어나므로 모재경도(Hv240)보다 높은 경화역이 형성된다. 또한, HAZ 저온역에서는 폭이 약1.5mm의 HAZ 연화역이 접합부 양쪽에 형성되는 것을 알 수 있다.

3.2 용접이음부의 인장특성 및 에릭슨시험 결과

플래시버트 용접이음부의 인장특성을 그림3.3에 나타낸다. 각 용접부위에서는 거의 동등한 수준의 인장특성이 나타나고 있고, 인장강도는 모재의 94~97%에 달하고 있다. 한편, 연신율은 모재의 절반수준으로 감소하고 있음을 알 수 있다.

표3.1은 에릭슨시험 결과를 정리한 것이다. 용접부 중앙에서 가장 양호한 값을 나타내고 있고, 우측, 좌측의 순으로 용접부특성이 저하하고 있음을 알 수 있다.

3.3 파면분석

그림3.4에 에릭슨시험에서 용접계면 파단이 일어난 우측 시험편의 파면을 분석한 결과를 나타낸다. 전반적으로 파단면은 편평한 형태를 나타내고 있고, 취성파면이 약간 혼재하며 주로 사진에서 밝게 관찰되는 연성파면(딴플)으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 그러나, 그림3.5에 나타낸 것과 같이, 그림3.4의 파단면에서 검게 보이는 C부분을 상세히 관찰한 결과, 미접합부로 판단되는 영역 및 딴플내부로부터 Si, Al, Mn계의 복합산화물들이 관찰되었다. 따라서, 에릭슨시험시 용접계면에 존재하고 있는 산화물들에 응력이 집중되어 용접계면 파단이 일어나는 것으로 판단된다.

참고문헌

1. K. Ando, S. Nakata and T. Sugimoto : Study on the Flash Welding Phenomena of Steels(2nd Report)-Observation by High Speed Motion Pictures-, Joual of JWS, 40-1 (1971),

35-53 (in Japanese)

2. K. Ando, S. Nakata and T. Sugimoto : Study on the Flash Welding Phenomena of Steels(3rd Report)-On the Upsetting Process-, Journal of JWS, 40-2 (1971), 137-151 (in Japanese)
 3. K. Ando, S. Nakata and Y. Nishida : Dispersion Mechanism of Oxide Inclusion at the Interface of Specimens in Upset Butt Welding, Journal of JWS, 40-11 (1971), 1140-1148 (in Japanese)

Table 2.1 Chemical composition of 590DP steel examined.

C	Mn	Si	Cr	P	S	S-Al	N	Fe
0.10	1.1	0.5	1.0	0.03	0.002	0.015	0.0051	Bal.



Fig.2.1 Optical micrograph of 590DP steel.

Table 2.2 Welding conditions for flash butt welding of 590DP steel.

초기간극 (mm)	최종간극 (mm)	Upset length (mm)	2차 무부하 전압 (V)	Upset time (sec)	Flash time (sec)	Upset 전류 (%)	Upset 인력 (kg/cm ²)
15.0	15.0	3.0	8.9	0.5	9.0	80	70

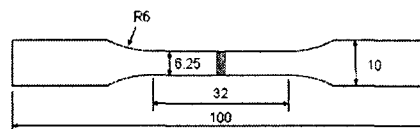


Fig.2.2 Dimension of specimen for tensile test.



Fig.3.1 Optical micrographs of the flash butt welded layer of 590DP steel. X indicates distance from weld interface.

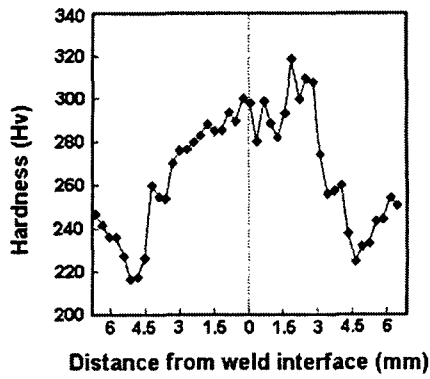


Fig. 3.2 Hardness distribution of the flash butt welded layer of 590DP steel.

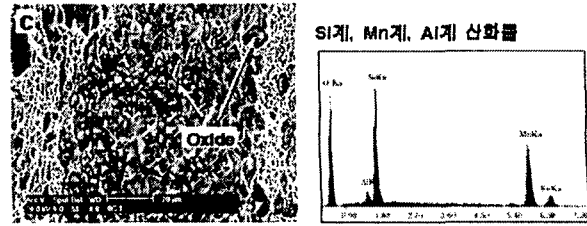


Fig. 3.5 Analysis results for oxides in the flash butt welded interface of 590DP steel.

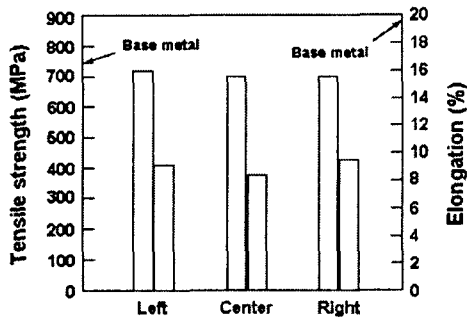


Fig. 3.3 Tensile properties of the flash butt welded joints of 590DP steel.

Table 3.1 Results of Erichsen test for the flash butt welded joint of 590DP steel.

	높이 (mm)	하중 (kgf/mm ²)	균열경로
Left	3.64	2.08	Weld line
Center	10.88	6.88	HAZ
Right	6.07	3.59	Weld line

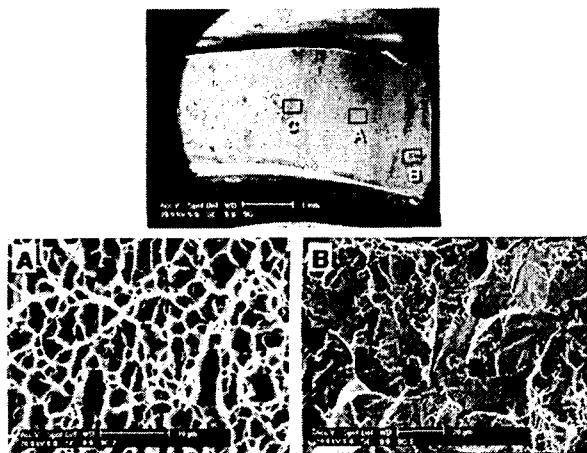


Fig. 3.4 Fractographs of the flash butt welded joint of 590DP steel after Erichsen test.