

## 590MPa급 고강도강의 Flash Butt 용접이음부의 특성에 미치는 용접인자의 영향

Effects of welding parameters on the properties of flash butt welded joints of high strength steel of 590MPa grade

정 보영\*, 우 인수\*, 이 중봉\*

\* POSCO 기술연구소 접합연구그룹

### 1. 서 론

플래시버트 용접은 저항용접법의 하나로서, 대면적의 용접단면적을 가지는 피용접재에 대해, 단시간에 신뢰성 높은 접합부 품질을 달성할 수 있는 고능률의 용접프로세스로 널리 이용되어 왔다<sup>1,2)</sup>.

한편, 최근 자동차의 경량화 추세에 따라 고강도 및 성형성이 우수한 자동차용 강재가 주목을 받고 있다. DP(Dual Phase)강은 마르텐사이트와 페라이트로 된 기지조직을 가지며, 우수한 강도 및 성형성을 나타내는 대표적인 강종이다. 그러나, DP강은 일반강에 비해 플래시버트 용접성이 저하하므로, 접합부에서 결함이 발생하여 접합부 신뢰성을 저해하는 문제가 발생하고 있다.

본 연구에서는 DP강에 대해 플래시버트 용접성 저하원인을 규명하고, 각종 파라메타의 최적화를 통해 용접이음부의 품질특성 개선을 실시하였다.

### 2. 실험재료 및 실험방법

#### 2.1 실험재료

표2.1에 본 연구에 사용된 590MPa급 DP강의 화학조성을 나타낸다. 실험에 사용된 강재는 페라이트 기지에 저탄소 마르텐사이트 콜로니가 혼합된 미세조직을 나타내고 있다. 용접에는 두께 3.0mm, 폭1,200mm의 열연판재를 이용하였다.

#### 2.2 실험방법

실험에 사용한 플래시버트 용접조건을 표2.2에 나타낸다. 용접시험편을 습식연마 후, 3% 나이트랄 부식액을 이용하여 미세조직을 현출하고, 용접부 단면조직을 관찰하였다. 용접부의 경도분포는 마이크로비커스 경도기를 이용하여 측정하였으며, 측정하중은 4.9N로 하였다. 또한, 용접이음부의 기계적 특성을 파악하기 위해 에릭슨 시험을 실시하였다. 에릭슨시험은 볼의 직경 20mm, 펀치 상승속도 10mm/s로 실시하였다. 에릭슨시험후, 파단시험편의 파단면은 SEM을 이용하여 관찰하였다.

### 3. 실험결과

선행연구<sup>3)</sup>에서 플래시버트 용접부에 대한 에릭슨시험을 실시한 결과, 용접부의 에릭슨값 저하의 원인은 용접 열싸이클에 의해 용접부 경도가 상승함에 따른 용접부 취화문제와, 용접과정 중 생성되는 합금원소의 산화개재물들이 접합면에 결함으로 존재하게 되어 용접부에 응력이 집중될 때 파단을 유발하는 것으로 확인할 수 있었다. 따라서, 접합부의 신뢰성을 확보하기 위해서는 접합부의 경도 저감, 산화물 생성 억제대책이 요구된다.

그림3.1은 용접부 경도 저감을 위해 용접후열처리를 실시한 접합부 미세조직 분포를 나타낸 것이다. HAZ 고온역에는 주로 베이나이트 조직에 마르텐사이트, 페라이트가 혼재하고 있고,

HAZ 저온역에는 페라이트와 탄화물로 이루어진 조직이 나타나고 있다.

그림3.2에 용접열처리 전후의 접합부 경도분포를 비교 측정한 결과를 나타낸다. 용접열처리에 의해 모재(Hv190) 수준의 경도를 확보할 수는 없지만, 접합부 경도가 Hv240까지 저감하고 있는 것을 알 수 있다.

접합부에 생성하는 산화물들은 용접시 용융금속중의 친산화성 원소가 대기중의 산소와 결합하여 생성된다. 그림3.3에 용접파라메타에 의해 산화물들이 생성되는 과정을 모식적으로 나타내었다. 용접시 산화물이 생성하는 원인은, 용접부 접촉면에 집중되는 전류가 과도하게 높아 플래시가 거칠게 되고, 비산량도 커진다. 이후, 업세팅 과정에서 용접면을 기계적으로 압착시킬 경우, 비산량이 큰 부분에서는 압착력이 적게 작용하여 용융 산화개재물들이 접합부 밖으로 완전히 배출되지 못하고 접합계면에 잔존하거나, 이 부분이 미압착부로 남아 접합부 결합으로 작용할 가능성이 높아진다.

따라서, 접합계면에서 산화개재물들의 생성을 억제하기 위하여, 표2.2에 나타낸 것과 같이 용접파라메타를 최적화하고, 용접부에 오일 도포를 실시하였다. 표3.1에 개선전·후의 용접부에 대해 에릭슨시험을 실시한 결과를, 그림3.4에 에릭슨시험부의 외관사진을 나타낸다. 개선전에 비해 개선후의 접합부 에릭슨값은 크게 상승하여 모재와 동등 수준의 에릭슨값을 확보할 수 있는 것을 알 수 있다. 그리고, 시험부 외관사진 관찰 결과, 에릭슨시험후의 파단은 모재에서 발생하는 것을 알 수 있다.

참고문헌

1. K. Ando, S. Nakata and T. Sugimoto : Study on the Flash Welding Phenomena of Steels(2<sup>nd</sup> Report)-Observation by High Speed Motion Pictures-, Journal 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(3<sup>rd</sup> Report)-On the Upsetting Process-, Journal of JWS, 40-2 (1971), 137-151 (in Japanese)
3. B.Y. Jeong, I.S. Woo, J.B. Lee : Microstructural Properties and Fracture mechanism of the Flash butt Welded Joint of High Strength steel (590MPa), Proceedings of the 2004 Autumn Annual Meeting of Korean Welding Society, Vol.43(2004), 188-190 (in Korean)

Table2.1 Chemical composition of 590DP steel examined.

	C	Si	Mn	P	S	Al	Fe	Ceq <sub>max</sub>
590DP	0.1	0.15	1.6	< 0.02	< 0.003	0.05	Bal.	0.36

Table2.2 Welding conditions for flash butt welding of 590DP steel.

	소거간격 (mm)	최종간격 (mm)	Upset깊이 (mm)	2차전압 (TAB No.)	Flash시간 (sec)	Upset전류 (%)	Upset압력 (kg/mm <sup>2</sup> )	Heat전류 (%)	Heat시간 (s)	비고
개선전	15.0	15.0	3.0	3	9.0	80	70	-	-	-
개선후	15.0	15.0	3.6	2	15.0	60	70	50	9	OH

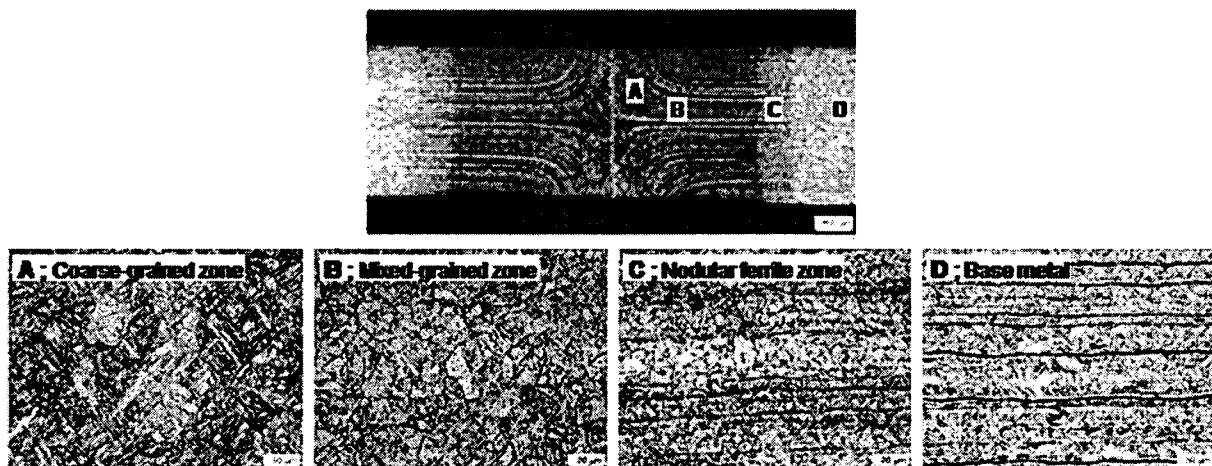


Fig.3.1 Optical micrographs of the flash butt welded layer of 590DP steel after post weld heat treatment.

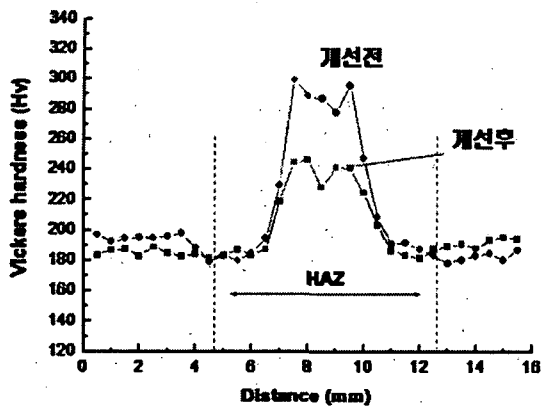
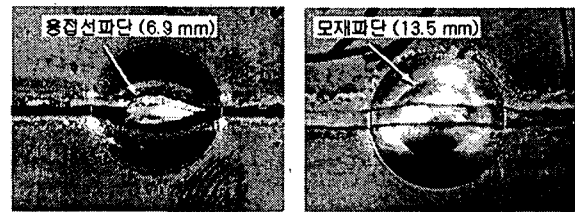


Fig.3.2 Hardness distribution of the flash butt welded layer of 590DP steel.



(a) 개선전 (b) 개선후  
Fig.3.4 Configurations of flash butt welded joints of 590DP steel after erichsen test.

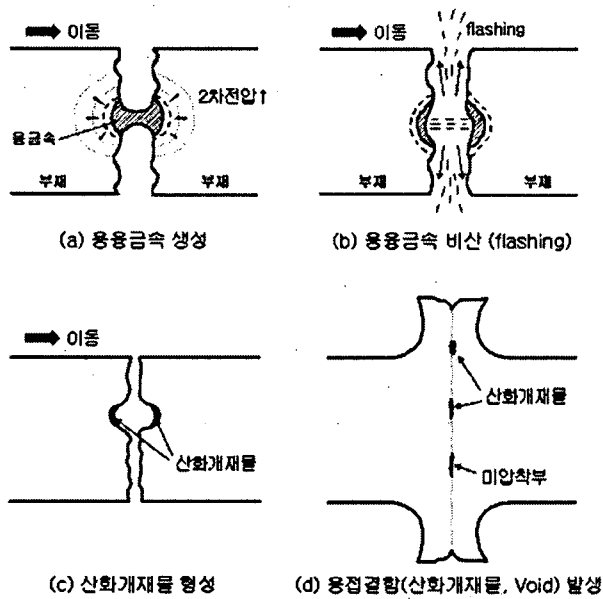


Fig.3.3 Schematic illustration of the formation of oxide during flash butt welding.

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

구분	Erichsen값 (mm)		
	D/S	Center	W/S
개선전	3.64	6.88	4.39
개선후	13.49	7.52	11.25