

B-HSLA 강 및 열영향부의 기계적 성질

(Mechanical properties of a B-HSLA steel and its HAZ)

현대중공업(주), 산업기술연구소

윤 중 근

1. 서 론

HY 80 과 HY 100 등 종래의 QT 강재는 용접성이 나쁘기 때문에 용접성이 우수한 동급강재의 개발이 절실하였다. 이와같은 요구를 충족시키기 위한 철강업계와 학계의 꾸준한 연구를 통하여 용접성이 우수하면서도 고강도를 지닌 강재들이 최근 개발되었다. 이들은 HY 100 강을 대체하고 있는데, 화학성분을 기초로 하여 크게 두가지로 분류할 수 있다. 즉, boron를 기초로 한 HSLA (High Strength Low Alloy)강 과 copper를 기초로 한 HSLA 강으로 구분된다. 이 둘 강재의 합금설계의 근본은 저탄소 와/혹은 저탄소당량으로 용접성을 향상시킨 것이다.

본 보에서는 boron 계 HSLA (B-HSLA) 강의 개발 배경특성과 이 강재의 용접 열영향부의 특성등에 대하여 논하고자 한다. 용접 열영향부의 특성평가는 용접 열제현 장치를 이용하였으며, 재현시의 변수는 peak temperature와 cooling time ($\Delta t_{500-500}$) 이었다.

2. 결 과

2-1 B-HSLA 강의 특성

기존 HY100 강은 Table 1에 나타낸 바와 같이 경화성이 높은 C, Cr, Mo 등을 첨가하여 quenching 효과를 크게 함으로서 고강도를 확보하고, 고인성은 Ni 첨가와 tempering 처리에 의하여 확보된다. 반면 B-HSLA 강은 낮은 C, Cr 및 Ni 함량과 B의 첨가등의 화학 조성적 특성을 가진다. 따라서 B-HSLA 강의 탄소당량은 크게 낮어져 약 0.54 수준이 된다.

강재의 용접 열영향부에 대한 저온 감수성 평가의 한 지표로 사용되는 Graville 도표에 의하면, 기존 HY100 강재는 영역 III에 위치하게 되어 계반용접시 열영향부에서 저온 균열 발생이 우려되는데 이는 HY100 강재의 높은 C 및 Ceq.에 기인된 것이다. 따라서 용접시 저수소계 용접재료의 선정이나 높은 온도의 예열처리가 필요하다. 그러나 낮은 C과 Ceq.를 가진 B-HSLA는 Graville 도표의 영역 I에 존재하고 있으므로 여러 용접조건하에 저온균열 발생 위험성이 극히 적다. 따라서 용접시의 많은 제약 예컨대 예열 등이 없어지게 되므로 생산성을 높일 수 있다. 저 C 및 저 Cr에 기인된 강도 저하 문제는 경화능이 매우 우수한 boron (약 20ppm)의 첨가에 의하여 보상하고 있다. 또 다른 화학성분상의 특징은 Ca 첨가를 통한 CaS의 구상화 및 S 함

량의 극소화인데, 이는 B-HSLA 강재의 인성을 향상시켜 주게된다.

B-HSLA 강의 또 다른 제조 특성은 결정립의 미세화를 위하여 도입된 austenite 영역에서의 제어압연이다. 제어 압연이 완료된 후 quenching & tempering process 가 뒤 따르게 된다.

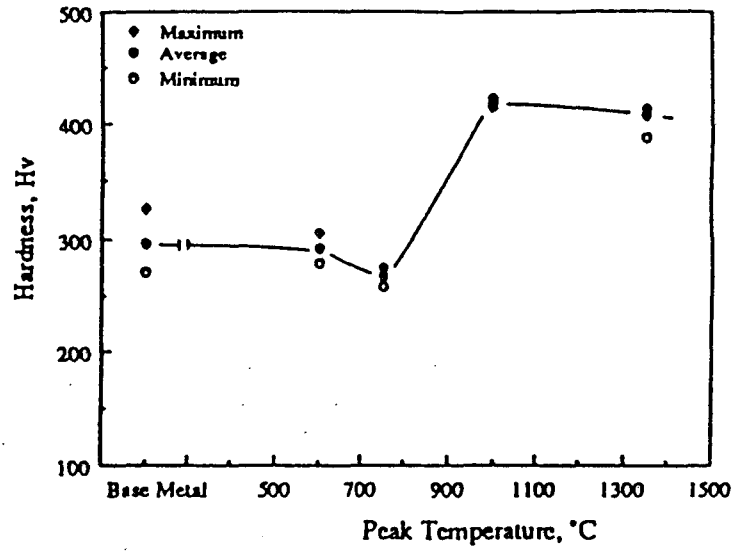
Table 1. Main alloying elements, wt%

	C	S	Cr	Mo	Ni	B	Ca	Ceq.
B-HSLA	0.12	0.001	0.5	0.4	0.86	0.002	0.002	0.54
HY100	0.17	0.008	1.52	0.5	2.62	-	-	0.8

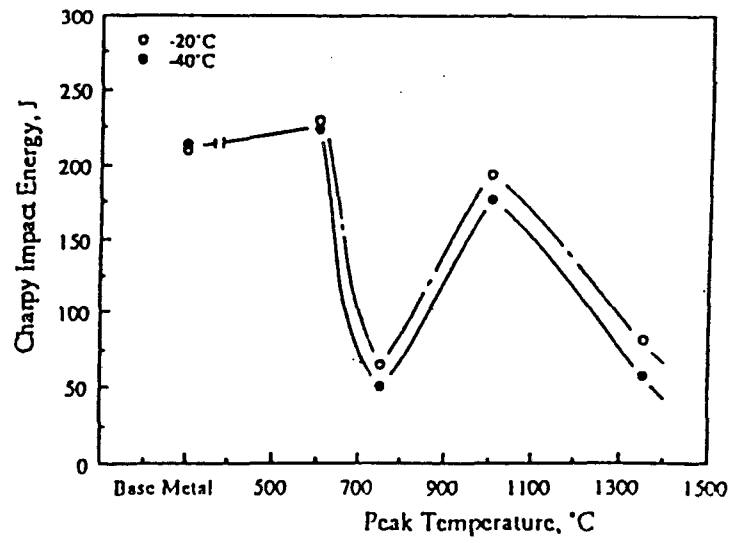
2-2 열영향부의 특성

그림 1의 (a)에 용접 재현시험시의 peak temperature (T_p)에 따른 열영향부의 경도를 도시하였는데, 열영향부의 경화 즉, 높은 경도 값은 냉각속도에 관계없이 T_p 가 1000℃와 1350℃인 경우 관찰되며, $T_p = 750℃$ 에서 모재보다 경도가 약간 감소됨을 보여주고 있다. 이같은 경도분포는 실용접부에서도 확인되었다.

그림 1의 (b)에 도시한 열영향부의 인성을 살펴보면, 일반 고장력강 열영향부의 인성분포와는 상이하게 $T_p = 750℃$ 에서도 큰 인성감소가 발생되었다. 이같은 특성은 $T_p = 750℃$ 에서 형성된 미세조직 즉, 결정립계를 따라 형성된 고탄소 martensite (M-A constituent 라고도 칭함)에 기인된다.



(a)



(b)

Figure 1 Effect of peak temperature on the mechanical properties of HAZ : (a) Hardness and (b) Charpy impact energy at -40°C and at -20°C