SAW 용착금속의 고온균열에 미치는 모재 화학조성의 영향

Effect of Base Metal Chemistry on the Hot Cracking at SAW Welds

윤 중근, 김 광수
현대중공업(주) 산업기술연구소

1. 서 론

각종 용접구조물의 대형화에 따라, 시공업계에서는 생산성 향상을 위하여 대입열 용접기법인 SAW 시공을 선호하고 있다. 최근에는 40 - 50 mm 의 후판 용접을 1 run 으로 수행할 수 있는 대입열 용접기법이 개발되어 현업에 적용되고 있다. SAW 기법이 주로 적용되고 있는 부위는 판계 용접부, 원통형 구조부의 longitudinal 및 girth 용접부 및 대형 H-beam 의 fillet 용접부이다. 이와 같은 SAW 용접부는 일반적으로 기계적 성질이 우수하고 bead 외관이 양호하나, 타 용접기법에 비하여 종종 용접부에서 고온균열이 발생되어 품질 및 생산성의 저하를 야기하고 있다.

용접부의 고온균열은 주로 용착금속의 응고과정 혹은 응고직후에서 발생되며, 용착금속의 화학성분 특히 불순물, 용착금속의 응고형상 (bead shape) 및 용접부에 작용되는 strain 에 지배를 받게 된다 [1]. 이에 따라 SAW 용착금속의 고온 균열에 대한 저항성을 향상시키기 위하여 재료 업체에서는 용접재료의 성분을, 시공업체에서는 용접설계 및 용접조건 등을 관리하여 왔다. 그러나 최근 발생되는 SAW 용접부의 고온 균열현상은 종래와는 달리 모재의 화학조성에 크게 의존하게 되는데, 이는 최근 적용되는 SAW 기법 자체가 매우 높은 용접전류 및 입열량 범위에서 시공되기 때문에 모재의 희석율이 증대되어 용착금속의 화학성분이 크게 변경되기 때문이다 [2].

본 연구에서는 SINGLE PASS로 이루어지는 대전류 SAW 용착금속의 고온균열 감수성에 미치는 모재 화학조성 특히, 탄소함량의 영향을 평가하기 위하여, 인장강도 50kg/mm^2 급 이면서 탄소함량이 0.08 과 0.16 wt.% 를 가지는 두 강재를 이용하였다.

2. 실험 방법

시험에 사용된 강재는 일반 구조용 강재인 KS SWS50A 와 BS 4360 Grade 50EE 이었으며, 이 들의 대표적인 화학성분을 표 1에 나타내었다. (각 강재의 두께를 상이하게 한 것은 용접부에 작용되는 구속응력를 정성적으로 변화시켜 이에 대한 고려도 하기 위함이었다.) 용접재료는 탄소량이 0.12 wt.% 인 AWS EH-14 급 wire 를 사용하였으며, 조합된 flux 는 F7A8 grade 이었다. 용접은 600, 700, 800, 900Amp의 4가지 용접전류를 사용하여 1 pass 로 실시하였으며, 용접각장을 가능한 10mm가 유지될 수 있도록 전압과 용접속도를 조절하였다. 용접자세는 하향(1F) 자세이었다. 용착금속의 고온균열 감수성 평가는 전년도에 보고한 것과 동일하게 실시하였다 [2].

표 1 모재의 화학성분, wt.%

	C	Mn	Si	P	S
KS SWS 50A (*16.5 mm t)	0.16	1.38	0.40	0.018	0.006
BS4360 50EE (25 mm t)	0.08	1.53	0.25	0.012	0.004

* effective thickness = (13+20)/2

3. 결과 및 고찰

Fig.1 은 EH-14 와 F7A8 flux 를 이용하여 탄소 함량이 상이한 두 강재에 형성된 SAW 용착금속의 고온균열 발생에 미치는 용접조건의 영향을 도시한 것이다. 탄소함량이 0.16 wt.% 인 강의 용착금속에서는 용접전류가 700 amp. 이상에서 모두 고온균열이 발생되었으나, 저 탄소를 함유한 강재의 경우에는 조사된 용접전류범위에서는 고온균열이 발생되지 않았다. 일반적으로 동일한 용접재료를 사용한 경우, 용착금속의 고온 균열 민감성은 용착금속의 형상 즉, penetration/width (P/W)의 비가 클수록, 용접부에 작용되는 구속응력이 클수록 증가된다. 용착금속의 형상 즉, (P/W)의 비는 양 용접부 공히 용접전류가 증가할수록 증가되었으며, 각 전류에서의 용착금속의형상 (P/W)은 거의 유사하였다. 그런데, 탄소함량이 0.16 wt.% 인 강의 용착금속에서는 P/W 의 비가 증가할수록 고온균열의 발생이 증가하였으나, 저 탄소강재의 경우에는 고온균열의 발생이 없었다. 또한 모재의 두께 역시 저탄소인 강재가 두꺼워 용접부에 작용되는 구속응력이 상대적으로 증가되었지만 균열발생은 없었다. 이는

SAW 용착금속의 고온균열 감수성은 용접조건에 크게 의존되지 않고, 용착금속의 화학성분에 크게 의존되며 용착금속의 화학조성은 모재의 희석에 의하여 변화되었음을 의미하고 있다.

용착금속의 고온 균열 감수성을 화학성분의 측면에서 평가함에 있어 가장 널리 이용되는 것이 BS 5135 에서 규정하고 있는 UCS factor (= 230C + 190S + 75P + 45Nb -12.3Si - 5.4Mn - 1) 이다. 이를 이용하여 각 용착금속의 UCS factor 를 구하였으며, 이를 용접전류를 함수로 하여 Fig.2 에 도시하였다. 탄소함량이 0.16 wt.% 인 강의 용착금속의 UCS factor 는 600 amp. 에서 21.7 이었으며, 그 외의 전류에서는 23.9와 24 이었다. 반면 고온균열이 발생되지 않았던 저 탄소강(C=0.08 wt.%) 인의 용착금속에서는 8.5 - 10.6 정도의 매우 낮은 UCS factor 값을 보이고 있다. 한편 전용착 시험에 의하여 얻어진 화학성분으로 부터 순수 용착금속의 UCS factor 값을 계산하면 약 15-18 정도이므로, 양 용착금속의 화학성분은 희석에 의하여 모재로 부터 유입된 C, Mn 및 Si 의 영향을 크게 받고 있음을 알 수 있다. 이들 화학 성분중 UCS factor 산출시 230의 계수를 가지는 C 함량이 가장 중요하다. 즉, 모재의 희석율이 55-70% 정도 큰 대입열 SAW 기법에 있어 용착금속의 고온 균열 감수성 (USC factor) 은 모재의 화학성분 특히 탄소의 함량에 크게 의존하고 있다는 것이다.

4. 결 론

대입열 SAW 용착금속의 고온균열 감수성은 용접조건보다는 용착금속의 화학조성에 크게 의존되며, 용착금속의 화학조성은 모재의 희석에 의하여 유입되는 모재의 화학성분 특히 C, Si 및 Mn 의 함량에 크게 의존한다. 이들 화학 성분중 UCS factor 산출시 가장 큰 계수를 가지는 C 함량이 가장 중요하다.

Reference

[1] N. Bailey and S.B. Jones : Solidification Cracking of ferritic steels during SAW, TWI, 1977

[2] 김광수, 조영철, 윤중근 : Fillet SAW 용착금속의 고온균열에 대한 연구, 1994 대한 용접학회 추계 학술발표대회, 포항

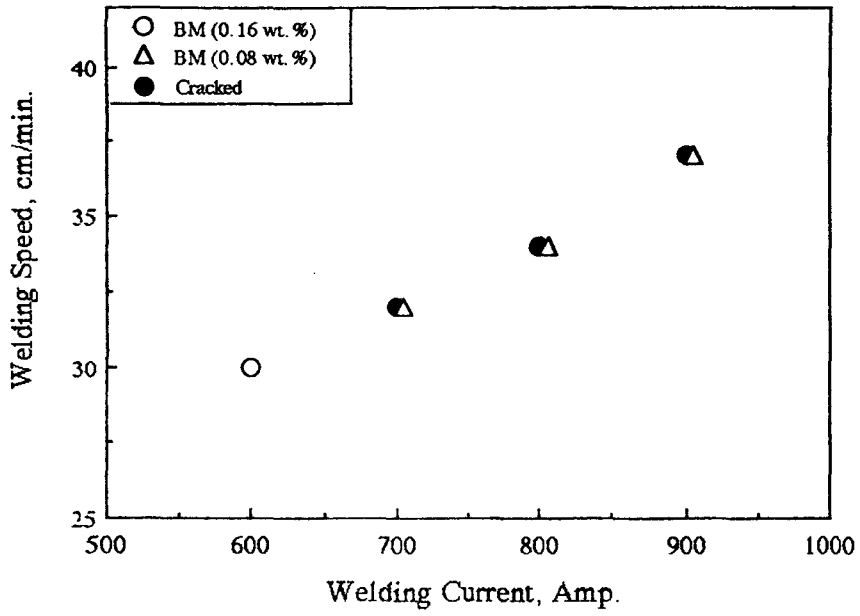

Fig.1 Effect of welding conditions on the hot cracking at the SAW welds

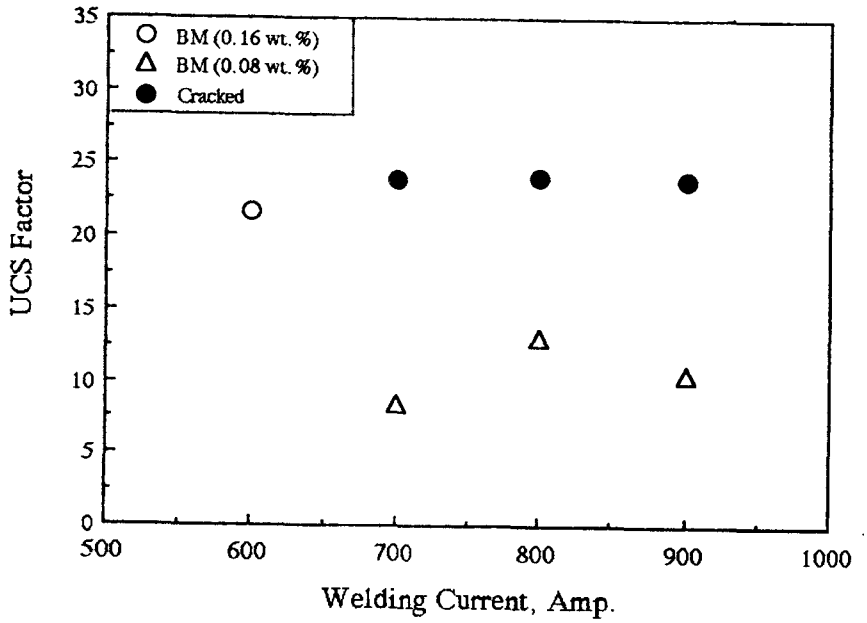

Fig.2 Effect of base metal chemistry on the UCS factor of the SAW welds