

후판 TMCP 강의 용접성 및 기계적 성질에 대한 연구 (A Study on the Weldability and Mechanical Properties of Thick TMCP Steel)

박태동*, 김광수, 김대순
현대중공업(주), 산업기술연구소

1. 서 론

선박 등의 대형 용접 구조물을 제작함에 있어 대입열 용접은 생산성 향상과 공기 단축의 측면에서 매우 필요한 시공법이다. 또한, 대입열을 이용해 후판을 용접할 경우 생산성 측면에서 TMCP(Thermo-Mechanical Control Process) 강재가 가장 적절한 소재로 대두된다. 일반적으로 현장에서 많이 사용되는 노말라이징 강을 대입열 용접할 경우, 용접 열영향부의 물성 저하와 용접부의 균열이 발생될 수있다. 따라서, 노말라이징 강의 용접은 TMCP 강재에 비하여 용접 입열이 제한되고 이로 인해 패스 수가 증가하며, 또한 예열 온도가 증가하므로 생산성이 저하되는 단점이 있다.

본 연구에서는 후판 TMCP 강재의 대입열 용접을 수행함에 있어 발생하는 용락 현상, 용입 부족 등의 문제점을 해결하는 방안을 제안하였고, 여러 TMCP 강재의 용접성을 비교·평가하였다.

2. 실험 방법

대입열 용접법의 개발을 위하여 사용된 강재는 TMCP 제조법으로 생산된 50mm 두께의 EH36 Grade로서, double "Y" 개선에 약 135~140 kJ/cm 용접 입열이 사용되는 2 pole SAW로써 양면 1 패스씩 용접하였다. 용락을 방지하기 위해서는 표면부 루트의 sealing bead 적용과 더불어 이면부에 세라믹 백킹을 적용하였으며, 충분한 용입을 확보하기 위해 power source를 병렬로 연결해 사용하였다.

TMCP 강재의 용접성 평가를 위해서는 50mm두께의 EH36 Grade와 39mm의 AH36 Grade를 사용하였다. EH36 Grade의 용접성 평가를 위해서는 용접부의 기계적 성질 평가와 더불어 용접부의 균열 민감성 평가를 위한 화학 성분(탄소 당량, Pcm, UCS factor) 평가와 고온 균열 민감성 시험을 실시하였다. 그리고, AH36 Grade의 용접성 평가를 위해서는 화학 성분(탄소 당량, Pcm, UCS factor) 평가와 최대 경도 시험을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

EH36 Grade의 고온 균열 시험 결과는 Fig.1에서도 알 수 있듯이 A, B 시편은 균열이 발생하였고, C 시편은 건전하였는데, 이는 모재의 UCS factor와 일치되는 양상을 보여주고 있다. 또한, 저온 균열 민감성 지수를 나타내는 강재의 탄소 당량 및 Pcm을 Table 1에, HAZ의 최대 경도 시험 결과를 Fig.2에 각각 나타내었다.

Table 1. The calculated carbon equivalent and Pcm value from chemical compositions

	A	B	C
Carbon Equivalent	0.339	0.348	0.322
Pcm	0.218	0.216	0.201

Table 1과 Fig.2의 결과를 종합해 보면, Pcm치는 3종의 시편 공히 유사하였으나, Fig.2의 결과에서도 알 수 있듯이 A 시편의 최대 경도치가 약 290 Hv로 B, C 시편에 비해 약 50 Hv 높았는데, 이는 동일한 용접 조건에서는 A 시편이 B, C 시편보다 저온 균열 민감성이 상대적으로 높음을 의미한다.

마지막으로, 용접 HAZ의 기계적 성질을 경도 분포 및 노치 위치에 따른 충격 시험으로 평가해 Fig.3에 나타내었다. Fig.3 (a)의 경도 시험 결과, C 시편의 경우 모재에 비해 연화 현상이 발생하였으나, 타 시편과 비교해 경도치가 거의 유사하였다. 그리고, HAZ 충격에너지를 나타낸 Fig.3 (b)의 경우 fusion line에서 모재쪽으로 거리가 증가함에 따라 A, B 시편은 거의 유사한 경향을 나타내었으나, C 시편의 경우 상대적으로 높은 수치를 나타내었다.

4. 결론

후판 TMCP 강재를 이용하여 현장 적용이 가능한 대입열 SAW 용접법을 개발하였고, 아울러 개발된 기법을 이용하여 후판 TMCP 강재의 용접성을 평가한 결과, 3종의 강재 공히 용접부의 기계적 성질은 우수하였으나, B와 C시편은 고온 균열 저항성이 A 시편보다 열등하였다.

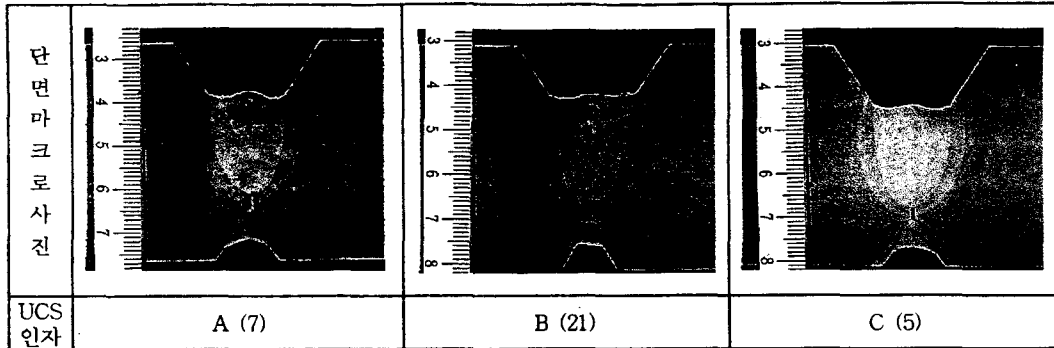


Fig.1 Cross-sectional macrographic morphology after hot cracking test with various TMCP steels.

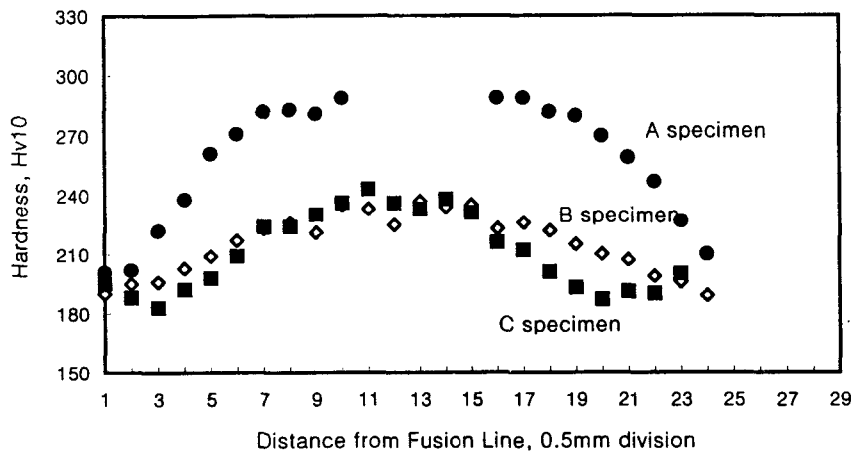


Fig.2 HAZ maximum hardness profile as a function of distance from fusion line.

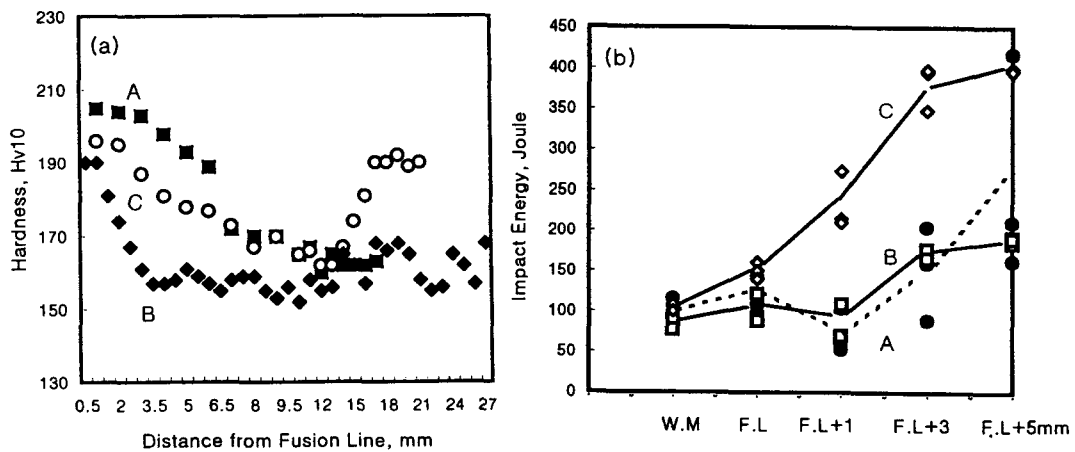


Fig.3 Mechanical properties at HAZ with respect to various as-welded state.

(a) Hardness distribution, (b) Impact energy with various notch location