

## 대입열 용접용 Ti산화물강의 열영향부 특성

HAZ characteristics of Ti-oxide dispersed steel for large heat input welding

POSCO 기술연구소 한 재광\*, 정 홍철  
산업과학기술연구소 방 국수

### 1. 서 론

Ti산화물이 구조용강 열영향부의 인성을 향상시키는 것은 여러 연구로부터 확인되었으며, 산화물은 질화물보다 고온에서 안정하므로 고온가열 영역이 넓어지는 대입열 용접시에 더욱 유효하다. Ti산화물강은 현재 널리 사용되고 있지는 않지만 실구조물에 적용된 실적은 있다. 본 연구팀에서는 Ti산화물이 열영향부 조직에 미치는 효과를 분석하고 Ti산화물강을 실험실적으로 제조하였으며, 규정된 특성을 얻기 위해서 합금원소와 제조공정의 영향을 검토하였다.

### 2. 실험방법

시험재는 시판재와 시험용해재를 사용하였으며, 용해시 Ti로 탈산함으로써 강중에 Ti산화물을 생성시켰고, 용해재의 합금성분은 C, Mn을 변화시키고 미량 원소로 Mo, Nb 등을 첨가하여 그 영향을 분석하였다. 시험재는 normalizing과 TMCP법의 두가지 공정으로 제조되었으며, 압연조건을 Table 1에 나타내었다. Normalizing재의 압연후 소준 온도는 890°C였다.

Table 1 Rolling condition of materials used

Heat treat.	Holding temp. & time	Finish rolling temp.	Cooling speed (°C/sec)	Start temp. of cooling	Finsh temp. of cooling
TMCP	1200°C-3hr	770°C	7	740°C	520°C
Normalized	1200°C-3hr	900°C	-	-	-

시험재의 제조공정 및 화학성분 변화에 따른 충격인성 및 미세조직의 변화는 용접열cycle 재현시험을 통하여 검토하였으며, 사용한 열cycle은 최고가열온도를 1250~1450°C로 변화시켜 최고가열온도가 미세조직 및 인성에 미치는 영향을 검토하였고, 시험용해재에서는 주로 Ti산화물의 효과가 가장 크게 나타나는 1400°C의 최고가열온도를 사용하였다. 냉각시 800°C에서 500°C까지의 냉각시간은 개발 목표로하는 용접입열량에 상당하는 100sec를 최저 냉각속도로하여 40, 20, 10sec의 4수준으로 변화시켜 시험하였다.

위의 조건으로 재현된 시험재는 Charpy충격시험, 석출물 분석시험, SH-CCT 시험을 통하여 합금원소와 제조공정이 석출물과 인성에 미치는 영향을 분석하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

Fig.1과 Fig.2는 기본 성분계가 각각 0.15C-1.5Mn, 0.11C-1.5Mn인 Ti산화물강의 소준재와 TMCP재의 Mo첨가에 따른 충격인성 변화를 나타낸 것이다. 미세조직 및 인장 시험 결과에서도 마찬가지로 나타나고 있지만 소준재에 Mo의 첨가는 충격인성을 급격히 저하시키고 있으며, TMCP강에서는 Mo첨가량이 0.06% 일때 우수한 인성을 나타내어 C함량과 제조공정에 따라서 Mo의 첨가효과가 많은 차이를 보이고 있다.

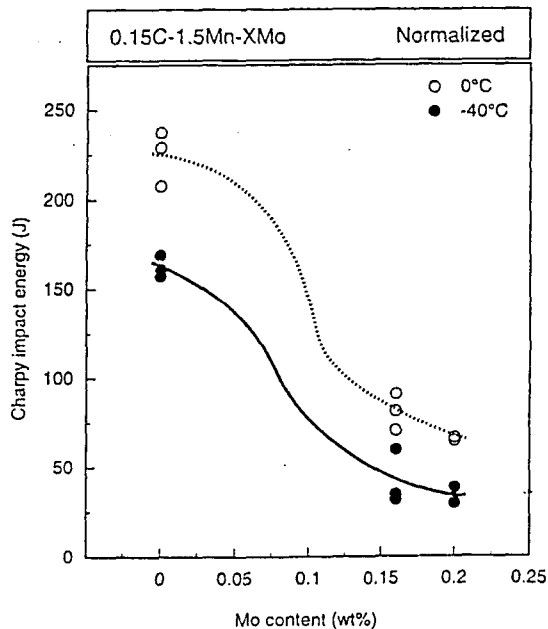


Fig. 1 Effects of Mo content on impact properties

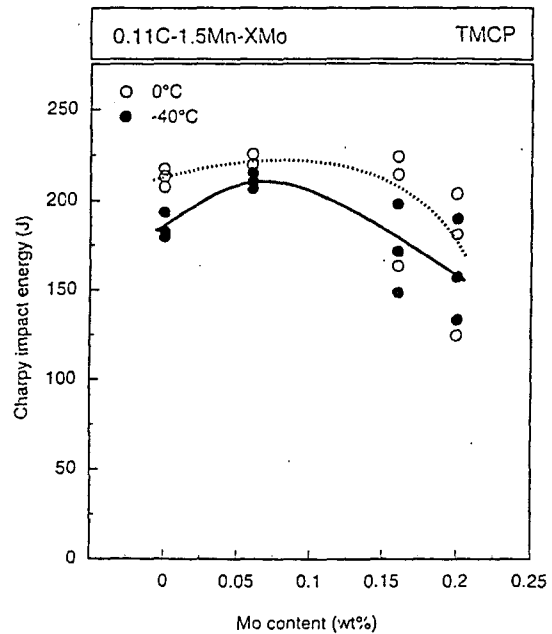


Fig. 2 Effects of Mo content on impact properties

시험재에서 합금원소에 따른 개재물의 생성량, 분포 및 크기의 변화를 분석하기 위해서 압연재의 산소함량 및 Ti, N 등 관련 미량원소의 함량을 측정하여 개재물과의 연관성을 분석하였다. 시험재는 기본성분계가 0.15C-1.5Mn인 소준재 중 Ti, O, N이 각각 다른 3종류의 Ti산화물강을 사용하였으며, 개재물 분석 결과와 기계적 성질 시험 결과를 분석하여 Ti산화물강의 최적 제조를 위한 미량원소의 적정 첨가량을 도출하였다. 각 시험재의 미량원소 함량과 개재물의 면적분율, 개수밀도, 평균직경을 Table 2에 나타냈다.

Table 2 The densities of inclusions with the variation of oxygen contents

Alloy System	Ti (%)	O (ppm)	Area Fraction (%)	Number Density (No/cm <sup>3</sup> )	Mean Diameter (μm)
0.15C-1.5Mn (normalized)	0.010	74	0.1182	$7.480 \times 10^4$	1.143
"	0.011	58	0.0980	$6.534 \times 10^4$	1.060
"	0.005	30	0.0717	$6.386 \times 10^4$	0.991
Reference Materials	0.014	23	0.0818	$6.800 \times 10^4$	0.966