

# 송전철탑용 STKT590강의 Liquid Metal Embrittlement 발생 특성 LME of STKT590 Steels for Power Transmission Tower

포항제철 기술연구소 박 희봉

## 1. 서론

송전철탑용 강재는 용접시공 후 부식을 방지하기 위하여 용융아연 도금을 하는데 도금 중에 액체금속취화(Liquid Metal Embrittlement: LME)에 의해 용접연영향부에 균열이 발생 하는 경우가 있다. LME는 용융 Zn가 용접연영향부의 입계를 통하여 들어가 입계 취화를 일으키 강재의 물성을 저하시키는 현상이다. 이 현상은 용접부에 인장응력이 존재하며, prior 오스테나이트 입계기 상온에서도 존재할 때 특히 잘 발생하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 POSCO에서 시험생산한 송전철탑용 STKT590강을 대상으로 LME발생 특성을 검토하고자 하였다. 특히 LME 현상이 용융 Zn의 입계확산에 의해 발생한다는 것으로 실험적으로 밝혀보자 하였다. 본 연구는 우수한 내용용도금 균연성을 가진 강재 개발에 기여함을 목적으로 하였다.

## 2. 실험방법

본 연구에 사용한 시험재는 TMCP 제조법으로 생산한 STKT590강재로 두께는 17mm 이다. 주요 화학조성을 Table 1에 나타내었다. 본 강재를 MTCS를 사용하여 여러 입연량으로 용접 열cycle을 재현하였다. Notched bar tensile(NBT) 시험방법을 이용하여 위 시험편 용접부의 LME 발생특성을 알아보았다. NBT시험은 용융아연 취화 정도를 정량적으로 나타내는 방법으로 Fig.1(a)과 같이 노치 가공된 인장시험편에 전기아연도금을 한 후, Fig.1(b)와 같이 470°C에서 일정한 stress rate로 응력을 부하하여 파단시간 및 파단응력을 측정하는 방법이다. NBT 시험에 의한 용융아연 취화특성 SLM은 다음과 같이 정의된다.

$$SLM = \frac{\text{용융아연존재시 notch부파단응력}}{\text{아연이없을때 notch부파단응력}} \times 100 (\%)$$

## 3. 실험결과 및 고찰

Fig.2는 재현열cycle 시험재의 NBT시험 결과를 보여주는데, 시간에 따른 SLM값을 나타내고 있다. SLM값은 시간에 따라 감소하는 전형적인 곡선을 나타내며 내용용아연균연 감수성을 나타내는 지수인 SLM-400은 모든 조건에서 60%이상으로 규격에서 요구한 42%를 만족하는 수준이다. 즉, 용융Zn에 의해 입계취화는 발생하나 실제 제조공정에서 부과되는 응력 및 용융아연유 침투시간인 400초의 범위에서는 균열이 발생하지 않을 것으로 판단된다. SLM곡선은 시간에 따라 기울기가 완만해지는데 Fig.3은 LME 발생의 시간 의존성을 알아보기 위하여 stress rate를 변화하였을 때의 NBT시험 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 파괴가 약 400초 이후에 발생한 경우에는 stress rate에 관계없이 일정 응력에 도달했을 때 파괴가 발생하는 것을 알 수 있다. 비교적 오랫동안 용융Zn 환경하에 있어, Zn의 입계확산이 시험편 내부로 상당한 깊이까지 진행된 것으로 생각되므로, 이 응력은 이론적으로 입계에 Zn가 존재할 때의 고유인장강도라 판단된다. Zn의 입계확산을 NBT시험에서 파괴가 발생하기 전에 응력을 제거하는 시험편을 분석하여 확인할 수 있었다.

이상의 결과에서 LME는 용접연영향부에 일정 응력 이상이 부가된 상태에서 Zn의 입계 확산에 의해 입계가 취화되어 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 시공 측면에서는 인장 잔류응력의 최소화가, 강재 제조 측면에서는 Zn의 입계확산을 억제하기 위한 alloy 설계가 필요할 것으로 생각된다..

Table 1. Chemical compositions of material used.

element	Chemical composition (wt%)												
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Al	Ti	V	Nb	Mo	B (ppm)
STKT 590	0.094	0.24	1.54	0.013	0.002	0.012	0.013	0.041	0.014	0.051	0.039	0.06	2

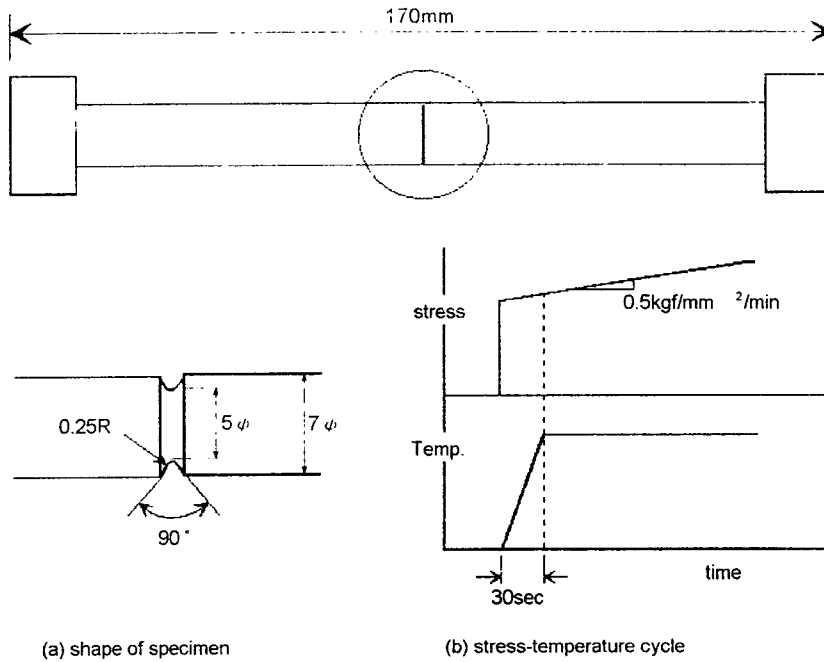


Fig.1 Details of notched bar tensile test method.

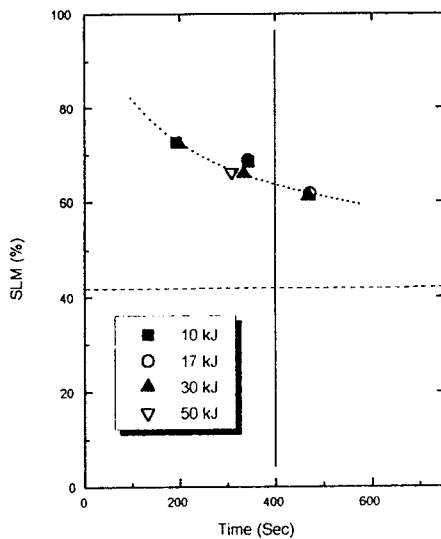


Fig.2 Relation between fracture time and SLM of steels by NBT test.

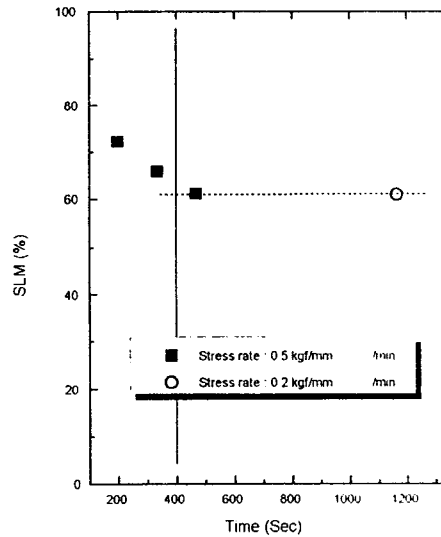


Fig.3 Comparison SLM with different stress rates in NBT test.