

# API-X80강의 용접부 인성향상을 위한 모재성분계 및 용접재료의 검토

Study on the chemical compositions and welding consumables  
for API-X80 steels

산업과기연 김충명\*, 방국수, 장태웅  
포항제철(주) 소문섭

## 1. 서론

화석연료의 사용증가에 따른 자원고갈 우려는 시베리아와 같은 극한 지에서의 석유자원 개발과 함께 생산 및 수송효율의 증대를 요구하고 있어 pipe line은 점차 대형화, 고강도화되고 있다. 이같은 가혹한 사용환경에서 사용되는 API강재는 우수한 용접부 저온인성을 요구하고 있으나 종종 용접 열영향부에서 충격치가 저하하여 문제가 되고 있다. 본 연구에서는 최근 개발중인 API-X80강의 용접시 용접열영향부 저온인성에 미치는 모재성분계의 적정성과 용접재료의 선정조건에 대하여 검토하였다.

## 2. 실험방법

시험재는 POSCO에서 TMCP법으로 생산한 20mm 두께의 API-X80강이며, 모재의 화학성분과 기계적성질은 Table 1 및 Table 2에 각각 나타낸다. 강재의 기본적 용접성은 y-groove시험과 지연균열시험을 통하여 평가하였고, HAZ인성은 용접열cycle 재현시험을 통하여 조사하였다. 실용접부 인성평가를 위한 SAW조건은 실제 강관제조시의 SAW조건을 적용하였으며, 용접재료는 통상의 API-X80강의 강도수준에 해당하는 70kg/mm<sup>2</sup>급 용접재료와 이보다 상대적으로 인성이 우수한 60kg/mm<sup>2</sup>급 용접재료의 두종류를 사용하였다. 용접부 fusion line의 충격인성은 용접금속 50%, 열영향부 50%가 되는 위치에 notch를 선정하여 실험하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

Fig.1은 용접열cycle 재현재에 대하여 800°C에서 500°C까지의 냉각 시간 변화에 따른 충격인성의 변화를 관찰한 것이다. 이중 냉각속도가 가장

빠른 6sec조건에서 가장 양호한 충격치분포를 나타내고 있으며, 냉각시간이 길어질수록 충격치 감소가 현저하게 나타나고 있다. 이것은 냉각시간의 증가에 따른 취약한 상부 bainite조직 및 M-A constituent의 증대에 의한 것으로 확인되었다. Fig. 2는 냉각시간의 증가에 따른 용접열영향부 미세조직의 변화를 나타낸 것이다. 본 실험에서 적용한 SAW 용접조건에 상당하는 열 cycle( $\Delta t_{800-500} \approx 38\text{sec}$ )의 경우 용접부의 조직은 대부분 upper bainite로 되어 있음을 알 수 있다. 따라서 용접열영향부 충격인성 향상을 위해서는 다소의 성분조정이 필요한 것으로 생각된다.

Fig. 3은 통상의 API-X80강의 강도수준에 해당하는  $70\text{kg/mm}^2$ 급 용접 재료를 사용하여 SAW 용접부 각 위치에서의 충격인성 변화를 나타낸 것이다. Fusion line + 3mm 위치에서는 비교적 양호한 결과를 보여주고 있으나, fusion line의 충격인성은 상온에서부터 비교적 낮은 인성분포를 보여 시베리아 지역의 pipe line의 HAZ인성 요구치( $vE_{260c} \geq 34\text{Joule}$ )를 만족시키지 못하고 있다. 이것은 fusion line의 notch 선단에 포함되는 용접금속의 영향에 의한 것으로서, 용접금속의 충격인성이 낮기 때문에 용접금속을 절반 정도 포함하고 있는 fusion line의 충격인성도 낮아지는 것으로 판단된다. 이에 따라 fusion line에서의 충격인성 향상을 위해서는 모재의 인성향상뿐만 아니라 용접재료의 인성향상 대책도 필요하리라 생각된다.

Table 1 Chemical compositions of material used.

Material	Chemical Compositions (wt%)												Ceq	Pcm	
	C	Si	Mn	P	S	Sol-Al	Nb	V	Ti	Cu	Ni	Mo			
Standard	≤.16	-	≤2.0	≤.03	≤.018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
API-X80	0.080	0.280	1.900	0.013	0.001	0.046	0.047	0.078	0.017	0.200	0.200	0.100	0.459	0.212	

\* Ceq =  $C + Mn/6 + (Cu + Ni)/16 + (Cr + Mo + V)/5$  (\*) [11W]  
 \* Pcm =  $C + Si/30 + Mn/20 + Cr/20 + Cu/20 + Ni/60 + Mo/15 + V/10 + 5B$  (\*)

Table 2 Mechanical Properties of material used.

Material	Y.S. (kg/mm <sup>2</sup> )	T.S. (kg/mm <sup>2</sup> )	El. (%)	vE-20oc (Joule)
Standard	56.0 ≤	63.2~84.4	21 ≤	93.1 ≤
API-X80	66.3	82.9	29	257.7

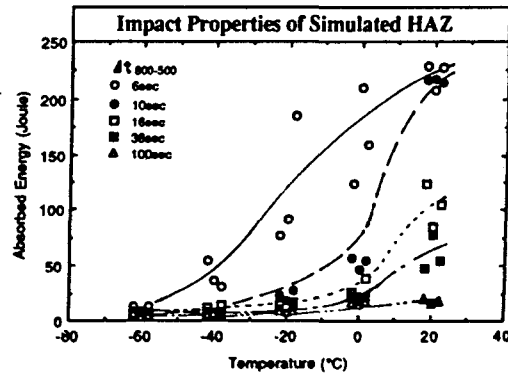


Fig.1 CVN absorbed energy of simulated HAZ.

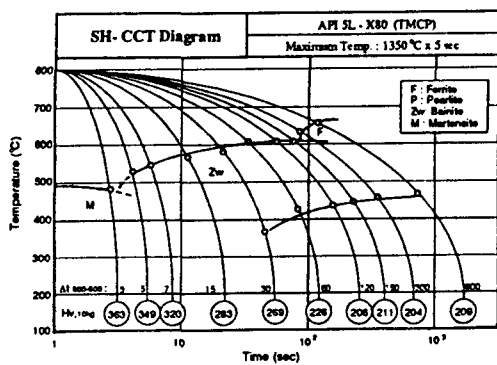


Fig.2 Simulated HAZ - CCT diagram.

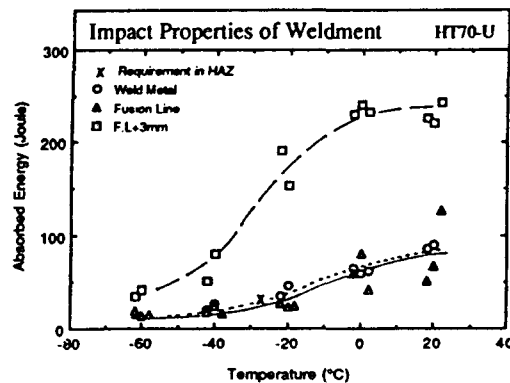


Fig.3 CVN absorbed energy of weldment.