

# SAW에 의한 3Cr-1Mo-V강 용접부의 수소침식에 대한 연구

## Characteristics of Hydrogen Attack in Weld Zone of 3Cr-1Mo-V Steels using SAW

○김 동진\*, 김 병훈\*, 지 병하\*, 김 정태\*, 정 인철\*, 강 정윤\*\*, 박 화순\*\*\*  
\* 한국중공업(주) 기술연구원, 경남 창원 \*\* 부산대학교 금속공학과, 부산  
\*\*\* 부경대학교 재료공학과, 부산

### 1. 서 론

화학설비용 압력용기는 플랜트의 효율향상을 위하여 점차 대형화되고 있으며, 운전조건도 더욱더 고온·고압화되는 추세이다. 압력용기는 극후 단강품의 용접구조물로 고온·고압 수소분위기에서 사용되므로, 플랜트의 기동·정지시에 실온으로 냉각될 경우 고온에서 과포화상태로 포함된 수소에 의한 수소취화, 표면탈탄 및 수소침식 등이 발생하여 강의 강도와 연성을 현저하게 저하시킨다. 이러한 수소에 의한 소재의 열화는 주로 용접부에서 많이 발생한다<sup>1)</sup>. 특히 용접 HAZ의 조립역은 수소침식을 받기 쉬운 특성을 가지고 있다.

본 연구에서는 3Cr-1Mo-V 강 용접부의 as welded 상태와 용접후열처리(PWHT)한 시편에 대하여 고온·고압의 수소폭로에 의한 용접부의 미세조직과 용착금속, 용융경계부 및 열영향부에 대한 수소침식 저항성에 관하여 검토하였다.

### 2. 사용재료 및 실험방법

모재로서는 3Cr-1Mo-V 강을 사용하여 두께 100mm의 용접블록을 가공하였으며, 용접법으로는 tandem submerged arc 용접을 사용하였다. 용접후 탈수소 열처리와 690℃에서 8~24시간 PWHT를 실시하였다.

이들 용접부의 미세조직은 광학현미경 및 SEM으로 관찰하였으며, 용접부의 미세경도도 측정하였다. 용접부에 대한 수소침식시험은 고온·고압 수소분위기하의 autoclave를 이용하였으며, 수소폭로 후의 충격성질은 시험편의 노치가 용접금속, 용융경계부 및 HAZ에 위치하도록 가공하여 Charpy 충격시험에 의하여 평가하였다. 수소폭로조건은 온도 600℃, 수소압 450kgf/cm<sup>2</sup>로 하였으며, 수소폭로시간을 변화시켰다.

그리고 수소폭로를 하였을 경우, 수소침식에 의한 손상과 템퍼링효과가 복합적으로 나타날 것을 고려하여, 동일한 온도와 시간으로 aging 처리를 병행하여 검토하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

두께 100mm 시험편의 tandem SAW에 의한 as welded 상태와 PWHT 처리한 용접부의 미세조직을 Fig. 1과 2에 나타내었다. As welded 상태에서는 용접금속 및 용융경계부 근방의 열영향부는 bainite 조직을 나타내었으며, 690℃에서 24hr PWHT를 실시한 용접부에서는 tempered bainite 조직을 나타내었다.

용접부의 단면 경도분포의 측정결과에 의하면, as welded 상태의 용접금속의 경도는 Hv 350~400, 그리고 열영향부의 최고경도는 약 Hv 420을 나타내었다. 이들 경도는 PWHT에 의하여 크게 감소하여, 690℃ x 24hr의 PWHT에서는 용접금속 및 열영향부의 경도가 Hv 200~230 정도로 모재와 거의 동등한 값을 나타내었다.

Fig. 2은 as welded 상태의 용접금속, 용융경계부 및 열영향부에 대하여 수소폭로 시간에 따른 0℃에서의 Charpy 충격흡수에너지의 비,  $(vE_0 \text{ H.A.}) / (vE_0 \text{ Aging})$ 와의

관계를 나타낸 것이다. 용접금속, 용융경계부 및 열영향부 모두 수소폭로 시간의 증가와 함께 크게 감소하는 경향을 보이고 있다. 특히 용융경계부의 수소폭로에 따른  $(vE_{0\text{ H.A.}})/(vE_{0\text{ Aging}})$  값의 저하가 더욱 단시간 범위에서 급격히 감소하고 있으며, 열영향부와 용접금속의 경우는 대체로 유사한 경향을 보였다.

Fig. 3는 용접후 PWHT 처리한 용접부에 대하여 수소폭로 시간에 따른  $(vE_{0\text{ H.A.}})/(vE_{0\text{ Aging}})$  값의 변화를 나타낸 것이다. Fig. 3에 나타낸 바와 같이 수소폭로 시간의 경과와 함께  $(vE_{0\text{ H.A.}})/(vE_{0\text{ Aging}})$  값이 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 수소폭로에 따른 충격흡수에너지의 감소의 정도가 as welded 상태에 비해서는 적게 나타났으며, 이 것은 690℃의 PWHT에 의하여 내수소침식성이 크게 향상되었음을 의미하고 있다. 또한 용융경계부는 열영향부와 용접금속에 비하여 비교적 단시간측에서 충격흡수에너지의 저하가 크게 나타났다.

#### 4. 결 론

- 1) tandem SAW에 의한 as welded 상태의 PWHT 후의 용접부의 미세조직은 각각 bainite 및 tempered bainite 를 나타내었다.
- 2) As welded 상태의 용접부의 수소폭로에 의한 충격흡수에너지는 용접금속, 용융경계부 및 열영향부 모두 수소폭로 시간의 증가와 함께 크게 감소하는 경향을 보였으며, 특히 용융경계부는 단시간측에서 급격히 감소하였다.
- 3) PWHT를 실시한 용접부의 수소폭로시간과 충격흡수에너지의 관계는 as welded 상태의 경우와 유사한 경향을 나타내었으나, 수소폭로에 따른 충격흡수에너지의 감소의 정도는 as welded 상태에 비하여 작게 나타났다.

#### 5. 참고문헌

- 1) 長谷川正義, 藤永昭三: 製油装置における鋼材の水素脆化, 鐵と鋼, 46, 10(1960), 303

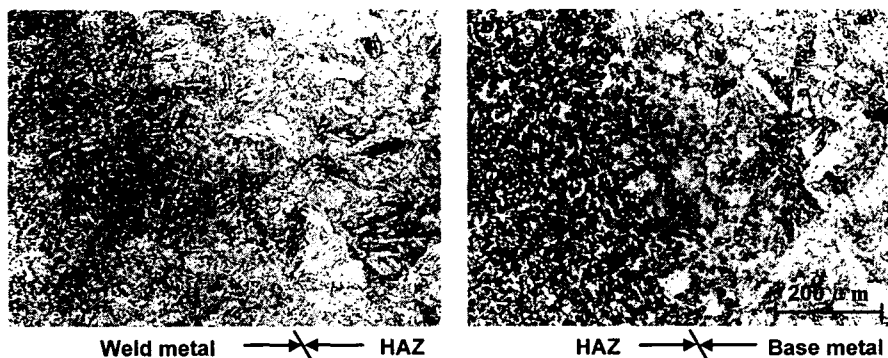


Fig. 1 Microstructures of weld metal, HAZ and base metal as welded.

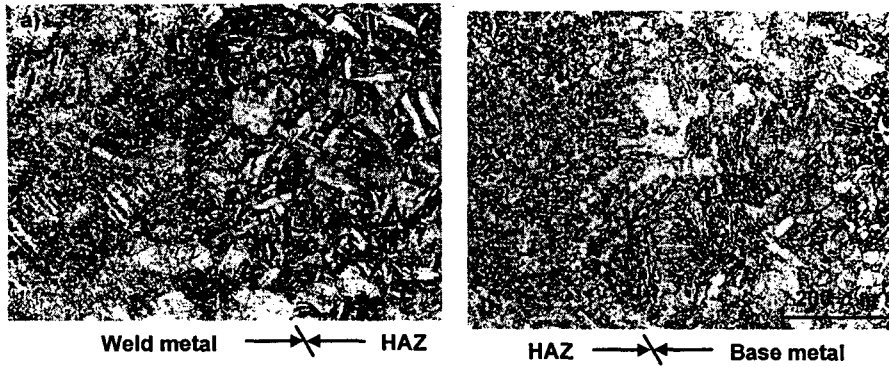


Fig. 2 Microstructures of weld metal, HAZ and base metal after PWHT at 690°C for 24hr.

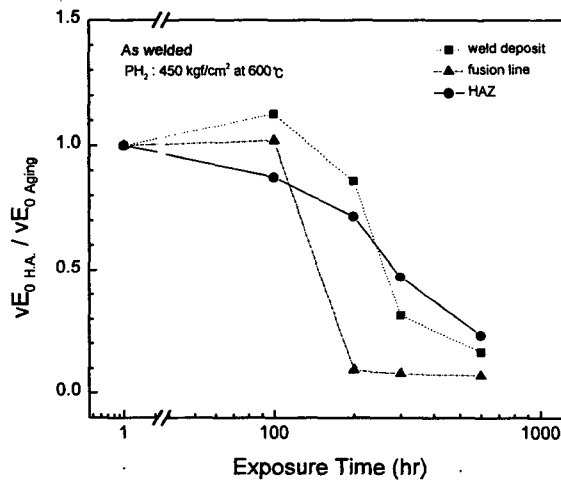


Fig. 3 Variation of  $(vE_{0\text{ H.A.}}/vE_{0\text{ Aging}})$  of welds as welded. Exposed to hydrogen at 600°C under 450kgf/cm<sup>2</sup>.

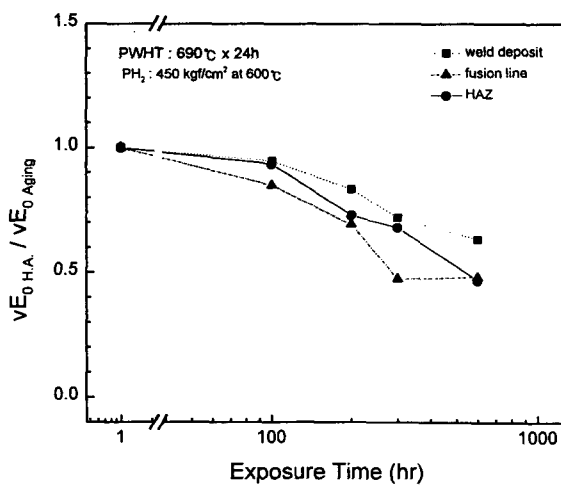


Fig. 4 Variation of  $(vE_{0\text{ H.A.}}/vE_{0\text{ Aging}})$  of welds after PWHT. Exposed to hydrogen at 600°C under 450kgf/cm<sup>2</sup>.