

**압력용기용 3Cr-1Mo-base강 용접부의 기계적 성질 및 균열감수성에 대한 검토**  
**Mechanical Properties and Cracking Susceptibility in Welds of 3Cr-1Mo-base Steels**  
**for Pressure Vessels**

김 동진\*, 김 병훈\*, 지 병하\*, 김 정태\*, 강 정윤\*\*, ○윤 신상\*\*\*, 박 화순\*\*\*\*

\*한국중공업(주) 기술연구원, 경남 창원 \*\*부산대학교 금속공학과, 부산

\*\*\*부경대학교 대학원 재료공학과, 부산 \*\*\*\*부경대학교 재료공학과, 부산

### 1. 서론

Cr-Mo 합금계 강의 용접부는 저온균열과 재열균열 감수성이 높은 강으로 알려져 있다. 그리고 저온균열의 경우는 수소에 의한 지연균열(delayed cracking)이 잘 발생하는 것으로 알려져 있다. 그리고 고온균열은 거의 잘 발생하지 않는 것으로 알려져 있다. 그러나 후판 강의 전자빔용접에서 용접조건이 적정하지 않은 경우에는 최종 용고부 부근에서 용고균열이 발생하기도 한다. Cr-Mo계 강종의 용접부에서 발생하는 균열에 대한 연구는 상당히 많이 이루어져 있으나, 본 연구에 사용하는 재료에 대한 고온 및 저온균열현상에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 먼저 사용재료에 대한 용접성에 대한 기초적인 검토로서, 용접부의 기계적성질, 고온 및 저온균열의 발생거동 및 그 특징에 대하여 검토하였다. 여기서 고온균열에 대해서는 modified vareststraint 고온균열시험방법을 사용하였으며, 저온균열의 발생에 대해서는 y형 그루브 저온균열시험방법을 사용하여 검토하였다.

### 2. 사용재료 및 실험방법

본 연구에서 사용한 재료로는 3Cr-1Mo-V강을 사용하였으며, 비교 재료로써는 2.25Cr-1Mo 및 2.25Cr-1Mo-0.25V 강의 두종류를 병행하여 사용하였다. 고온균열시험은 modified vareststraint 고온균열시험방법을 사용하였다. y형 그루브 저온균열시험에서는 동종계 용접봉 18Cr-8Ni계 스테인레스강종용 용접봉을 비교 재료로 사용하여 SMA용접을 하였다. 저온균열의 발생에 미치는 예열의 영향을 검토하기 위하여 100, 125, 150, 200℃의 4종류의 예열처리를 사용하였다. 그리고 상온에서의 모재에 대한 수소의 영향을 알아보기 위하여, 용접봉을 150℃에서 1hr동안 건조시킨 것과 15min동안 침수시킨 용접봉을 사용하여 용접을 병행하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

3Cr-1Mo-V강의 tandem SAW용접부에 대한 기계적성질에 대한 결과로서, 100mm인 as-welded 상태인 시험편의 항복강도가 690℃에서 24hr동안 PWHT한 시험편보다 약 12~15kg/mm<sup>2</sup>정도 높은 65~66kg/mm<sup>2</sup>으로 측정이 되었으며, 인장강도는 as-welded 상태인 시험편이 PWHT한 시험편보다 74~75kg/mm<sup>2</sup>으로 약 9~10kg/mm<sup>2</sup>이 높게 나타났다. 그러나 연신율과 단면감소율은 그다지 차이가 나지는 않는 것으로 나타났다.

고온균열시험의 결과로써, modified vareststraint 시험에 의한 스트레인과 총균열의 길이 및 평균균열의 길이와의 관계를 Fig. 1에 나타내었다. 이것은 부하 스트레인의 증가와 함께 균열의 총길이 및 균열의 평균길이가 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 각 스트레인에서 2.25Cr-1Mo-0.25V강의 경우가 균열이 가장 많이 발생하였다. 따라서 여기에 사용된 강종

2.25Cr-1Mo-0.25V강의 경우가 균열이 가장 많이 발생하였다. 따라서 여기에 사용된 강종들의 고온균열감수성은 2.25Cr-1Mo강 < 3Cr-1Mo-0.25V강 < 2.25Cr-1Mo-0.25V강의 순으로 나타났다.

그리고 저온균열시험결과로서 예열에 따른 균열의 발생률은 Fig. 2에 나타내었는데, 150℃로 예열한 경우에 균열의 발생률이 감소하였으며, 200℃의 예열에서 균열 발생이 정지하였다. Fig. 3에는 y형균열시험에 의하여 균열이 발생한 부분의 미세조직을 현미경으로 관찰한 것이다. 루트근방의 열영향부에서 발생한 저온균열이라는 것을 나타낸다.

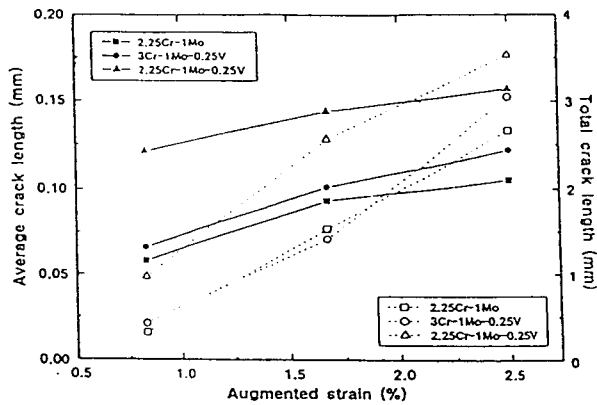


Fig.1 Effect of augmented strain on hot cracking in the modified spot-varestraint crack test

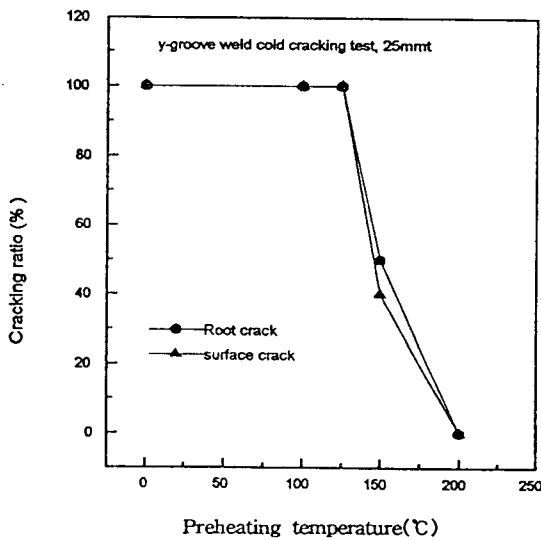


Fig.2 Effect of preheating temperature on transvers crosssection cracking ratio in y-groove weld cold cracking test



Fig.3 An example of micro structure around crack in y-groove weld cracking test