

Effects of Intercritical Heat Treatment on Fracture Behavior of Heat Affected Zone in Mn-Mo-Ni Low Alloy Steels

Jong Sik Kim, Min-Chul Kim, Bong Sang Lee

Nuclear Materials Technology Division, Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon 305-600, Korea
euridike@hanmail.net

1. Introduction

원자로 압력용기강으로 사용되는 Mn-Mo-Ni 저합금강의 인성 향상을 위하여 많은 노력과 연구가 이루어져 왔다. Nisbett[1], Forch[2] Haverkamp[3], 등의 연구자들은 압력용기강의 인성향상을 위해 2 상영역 열처리를 이용하였다. 최근에 Ahn[4] 등에 의해 강도의 큰 변화 없이 인성을 크게 향상시키는 최적 2 상영역 열처리 조건에 대한 연구가 이루어졌다.

원자로는 직경 4m 에 높이가 10m 가 넘는 큰 대형 철강구조물로서 많은 용접공정이 포함된다. 이 때 용접부에 접한 모재는 용접열에 의해 좁은 영역에서 다양한 미세조직을 가지는 용접열영향부로 변태하게 된다. 이에 따라 용접열영향부내에는 국부적인 취화영역이 발생하게 되고 용접후열처리 공정의 도입으로 이 문제를 해결해 왔다. 최근에 Kim 등의 Mn-Mo-Ni 저합금강 용접열영향부의 인성 평가에 관한 연구 결과에 따르면 모재측에 가까운 tempered HAZ 의 충격 인성과 파괴인성이 아직 다소 낮은 것으로 알려져 있다 [5~7]. 일반적으로 용접열영향부는 합금 조성과 열처리 변화에 민감하게 반응하는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 열처리 변화에 민감한 용접 열영향부에 모재의 인성향상을 위해 개발된 2 상영역 열처리를 적용시 용접열영향부의 물성 변화를 알아보려 한다. 특히 기존 연구에서 낮은 인성을 보인 tempered HAZ 의 2 상영역 열처리에 따른 인성 변화를 중점적으로 알아보았다. 또한 2 상영역 열처리 도입 후 PWHT(post-weld heat treatment) 에 대한 영향을 관찰하였다.

2. Experimental procedures

현재 사용되는 원자로의 품질열처리 절차에 따라 제작한 시편을 기존공정(commercial heat treatment; CHT)이라 하고 퀴칭과 템퍼링 사이에 2 상영역 열처리를 추가한 공정을 신포공정(intercritical heat treatment; IHT)으로 하여 준비하였다.

용접열영향부를 크게 CGHAZ(coarse grained heat-affected zone), FGHAZ(fine grained HAZ), THAZ (tempered HAZ)로 구분지어 각각의 용접열영향부를 Gleeble thermal simulator 를 이용하여 모사하였

다. 준비된 시편을 충격시편과 인장시편 등으로 가공 하여 준비하였다.

3. Results and Discussion

3.1 Microstructure of tempered HAZ

그림 1 은 모재와 모사된 용접열영향부의 주사전자현미경으로 각각 관찰한 미세조직을 나타 내었다. CGHAZ 와 FGHAZ 의 경우 2 상영역 열처리 유무에 따른 탄화물의 분포나 형상은 크게 차이가 나지 않는다. 하지만 THAZ 의 경우 2 상영역 열처리된 시편의 경우가 래스를 따라 조대하게 길게 성장한 탄화물들이 분해되어 있음을 알 수 있다. 이는 Ahn 등의 기존연구에서 알려진 전형적인 2 상영역 열처리된 미세조직을 보이고 있음을 알 수 있다. 2 상영역 열처리에 의해 모재와 THAZ 의 경우 탄화물의 형상이 구형으로 개선되고 평균 크기가 크게 감소하였음을 알 수 있다.

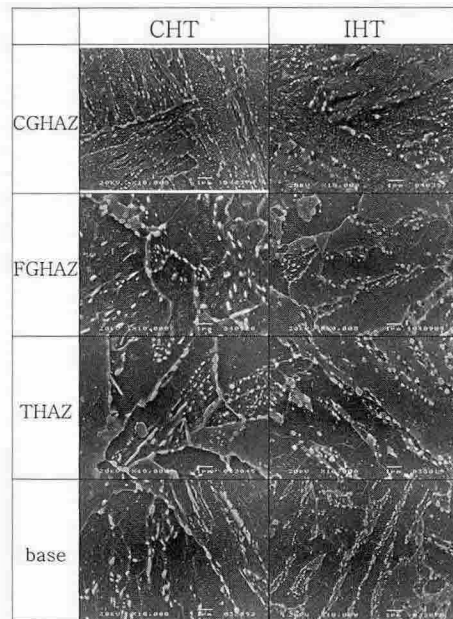


Fig. 1. SEM micrographs of base metal and simulated weld HAZ.

3.2 Mechanical properties of tempered HAZ

그림 2 는 CGHAZ 와 FGHAZ 의 충격시험 결과를 보여준다. 2 상영역 열처리에 따른 차이보다 용접 후 열처리 유무에 따라 충격인성의 큰 변화를 보이고 있다. 이는 이 두 영역이 용접열에 의해 최고온도가 각각 1350℃와 900℃로서 용접 전

2 상영역 열처리에 의해 개선된 미세조직이 높은 용접열에 의해 새로운 상으로 변화하게 되므로 인해 그 특성을 잃어버리기 때문이다

그림 3 은 THAZ 의 충격전이 곡선을 나타내었다. 2 상영역 열처리에 의해 최대흡수에너지가 254J 에서 292J 로 상승하고 FATT 가 -8.6°C 에서 -33.4°C 로 감소하는 등 충격인성이 크게 향상되었음을 알 수 있다. 용접후 열처리에 따라 THAZ 의 충격인성은 다소 감소함을 알 수 있다. 이는 THAZ 의 경우 용접시 받는 최고온도가 700°C 이하로 상변화에 의한 강화 효과를 기대하기보다 템퍼링의 영향을 강하게 받는 영역이며, 용접 후 열처리 또한 일종의 템퍼링으로서 THAZ 의 경우 과도한 템퍼링에 의한 조직의 연화에 따라 충격인성이 감소한다고 알려져 있다.

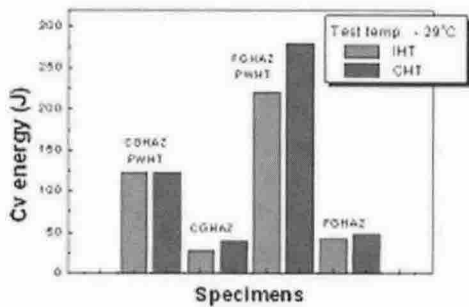


Fig. 2. Charpy impact test results of simulated CGHAZ and FGHAZ.

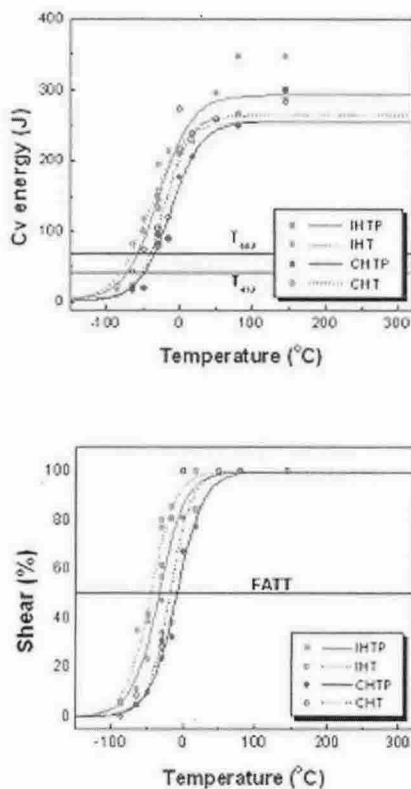


Fig. 3. Charpy transition curve of simulated THAZ.

3.3 Cause of improvement of toughness in tempered HAZ region

THAZ 의 경우는 용접공정시 최고온도가 700°C 부근으로 템퍼링 영향만 강하게 받는 영역이므로 용접 공정 전 2 상영역 열처리에 의해 향상된 미세 조직이 용접공정시 큰 미세조직 변화 없이 템퍼링 영향만 받을 것으로 생각된다. 이 영역의 경우 모재와 마찬가지로 2 상영역 열처리에 의해 결정립 미세화와 래스를 따라 조대하게 성장한 탄화물이 분해되는 전형적인 2 상영역 열처리된 미세조직을 그대로 유지하며 이는 곧 높은 충격인성으로 나타 났다.

4. Conclusion

본 연구에서는 모재의 인성향상을 위해 적용된 2 상영역 열처리 공정으로 인한 용접열영향부의 특성 변화를 고찰하였다. 2 상영역 열처리에 의해 개선된 미세조직적 특성이 tempered HAZ 의 경우에도 유지되며, 이로 인해 충격인성이 향상되는 것을 확인하였다. 그러나 용접후 열처리 효과는 2 상영역 열처리 적용 여부와 상관없이 유사하게 나타났다.

REFERENCES

- [1] E. G. Nisbett, J. Eng. Mater. Technol. (Trans ASME), 100 (1978) 338
- [2] K. Forch, W. Witte and S. Bidani, Stahl u. Eisen, 100 (1980) 1329
- [3] K. D. Haverkamp, K. Forch, K. H. Piehl and W. Witte, Nucl. Eng. & design, 81 (1984) 207
- [4] Y. S. Ahn, Y. J. Oh, G. M. Kim and J. H. Hong, J. Kor. Inst. Met. & Mater., 38 (2000) 1309
- [5] J. H. Kim and E. P. Yoon, J. Kor. Inst. Met. & Mater., 36 (1998) 1329
- [6] H. S. Shin, J. H. Kim, J. H. Hong, J. G. Moon and I. S. Chung, J. Kor. Inst. Met. & Mater., 37 (1999) 1260
- [7] S. Y. Kang, S. H. Kim, S. J. Oh, S. J. Kwon, S. H. Lee, J. H. Kim and J. H. Hong, J. Kor. Inst. Met. & Mater., 37 (1999) 423