

W 첨가와 소둔 열처리가 Fe-Cr-Mn계 스테인리스강의 기계적 성질 및 내식성에 미치는 영향

The effects of W addition and annealing heat treatment on the mechanical properties and corrosion resistance of Fe-Cr-Mn stainless steel

주옥현* · 전유택 · 박용수 (연세대학교)

1. 서론

핵융합로 제 1 내벽 재료는 α 입자나 중성자의 조사에 의한 방사화 문제가 크다. Fe-Cr-Mn계 스테인리스강은 방사능 반감기가 긴 Ni를 Mn으로 대체함으로써 핵융합로 제 1 내벽에서 유발되는 방사화의 문제를 해결하기 위해 개발되었다. 그러나 부식 특성이 일반 스테인리스강에 비해 나쁘다고 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 내식성 향상을 위해 W를 첨가하여 W첨가와 소둔 열처리 조건에 따른 기계적인 특성, 부식 특성의 변화를 고찰하고자 하였다.

2. 실험 방법

실험합금들은 진공 고주파 유도로를 사용하여 제작하였으며 화학적 조성은 Table 1과 같다. 제작된 시편들은 1250°C에서 두께 5mm로 열연하였으며, 소둔 열처리는 1050°C, 1100°C, 1150°C, 1200°C에서 30분 동안 행하였다. W 첨가 및 소둔 열처리 조건에 따른 미세조직의 변화는 광학 현미경과 SEM으로 관찰하였으며 석출물이나 제 2 상은 EDS를 사용하여 분석하였다. 또한 Image Analyzer를 사용하여 제 2 상의 상분율을 측정하고 상의 동정(identification)을 위해 XRD 분석을 행하였다. 기계적 특성 평가로는 인장시험과 경도시험을 행하였다. 부식특성 평가로는 여러 환경하에서의 부식 거동을 살펴보기 위해 30°C 3.5 wt% NaCl 용액, 0.01M HCl 용액, 1wt% H₂SO₄ 용액에서 양극 분극 시험을 행하였고 제 2 상 및 석출물이 부식 특성에 미치는 영향을 고찰하기 위해 입계부식시험을 행하였다.

Table 1. Chemical Composition of the Experimental Alloys (wt%)

Alloys	Cr	Mn	W	Ni	N	C	Si	V	P	S
C11	16.1	14.4	0.007	-	0.400	0.088	0.52	0.291	0.016	0.013
C12	15.4	14.0	2.00	-	0.419	0.102	0.50	0.258	0.016	0.013
C13	14.5	13.5	3.60	-	0.426	0.106	0.50	0.239	0.016	0.013
C14	15.1	13.9	3.57	1.57	0.426	0.067	0.51	0.172	0.017	0.015

3. 결과 요약

W 첨가와 소둔 열처리 조건에 따른 Fe-Cr-Mn계 스테인리스강의 부식거동 및 기계적 특성변화를 요약하면 다음과 같다.

1) W이 첨가되지 않은 C11 합금은 오스테나이트 단상조직을 보였으며 W이 첨가된 합금들에서는 오스테나이트+페라이트의 2 상 조직을 보였다. 상분을 측정 결과 페라이트 상분율은 C13 합금이 가장 컸으며 C14 합금이 가장 낮은 상분율을 나타냈다. 이는 W이 페라이트 안정화 원소이며 Ni은 오스테나이트 안정화 원소이기 때문에 이들 원소의 첨가에 따라 상변율의 변화가 유발된 것으로 생각된다. 또한 소둔 열처리 온도에 따른 상분율의 변화는 C13 합금에서만 관찰되며 다른 합금들에서는 상분율에 소둔 열처리 온도가 영향을 주지 않는 것으로 관찰되었다.

2) 경도값은 W의 함량이 많을수록 증가하였다. 이는 W 첨가에 의한 고용강화 효과에 기인한 것으로 생각된다. 또한 소둔 온도가 증가함에 따라 경도값이 감소하였는데 이는 조직관찰결과 결정립 크기가 증가하여 Holl-Patch 식에 의해 저하된 것으로 생각할 수 있다.

3) 30°C, 3.5wt% NaCl 용액에서 양극분극시험 결과, W이 첨가된 합금들에서 부식전위가 감소되고 공식전위는 증가하는 경향을 보였으나 W 함량 변화에 따른 공식 전위의 차이는 크지 않은 것으로 관찰되었다. 그러나 0.01M HCl 용액에서는 W 함량이 증가함에 따라 공식 전위의 차이가 증가하는 경향을 보여 부식 환경이 보다 가혹해질수록 W의 첨가 효과가 큼을 알 수 있다. H₂SO₄ 용액에서도 W 함량이 증가함에 따라 활성태 구간에서의 임계전류밀도 값이 작아져 부동태 형성이 보다 용이하였다.

4. 참고 문헌

1. K. Miyahara, R. Sugihara, T. Satoh and Y. Hosoi, Proceedings of International Conference on Stainless Steels, p.139, Chiba, ISIJ, 1991
2. L. I. Ivanov, E. v. Dyomina, J. Cadec, K. Milicka, High Temperature creep behavior of 12Cr-20Mn-W austenitic stainless steel, Journal of Nuclear Materials, p.685, 1992
3. 이 정훈, Fe-Cr-Mn계 스테인리스강의 기계적 특성 및 내식성에 미치는 Mn과 W의 영향, 연세대학교 석사학위 논문