

Fe-Mn-Ni합금의 시효시 입계 석출거동 (Precipitation Behavior at Grain Boundary during Aging of Fe-Mn-Ni Alloys)

허윤욱, 김영운, 이 후철
서울대학교 재료공학부

Fe-18Ni계 마르에이징 강을 대체 하기 위해 연구되어온 Fe-Mn-Ni합금은 높은 시효경화능을 보이지만, 시효초기부터 심한 입계취화 현상을 보인다.(1) 이러한 입계취화는 시효의 진행과 더불어 서서히 회복되는데, 투과 전자 현미경으로 입계를 관찰한 결과, 입계취화가 극심한 시효초기에는 q-MnNi 상이, 장시간 시효 후에는 오스테나이트 상을 입계에서 확인 할 수 있었다. 따라서, 시효초기의 입계취화는 경질상인 q상이 원인이며, 장시간 시효시 강도의 회복은 오스테나이트상과 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다. 따라서, 본 실험에서는 입계에 석출해 있는 q상의 오스테나이트상으로의 천이거동을 고찰해 보고자 하였다.

사용된 합금은 Fe-7.8Mn-8.2Ni강이며, 전해철과 전해망간, 전해니켈을 진공용해한 뒤 잉곳트를 6cm1cm크기의 강편으로 단조하고, 섭씨 900℃에서 용체화하여 440℃에서 시효처리하였다. 전해연마 또는 이온밀링 방법에 의하여 TEM시편을 제작하여 회절패턴과 고분해능상 분석을 수행하였다.

시효초기 입계 취화가 극심한 시점의 입계를 조사한 결과 다수의 q상을 관찰할 수 있었고, 인장강도가 회복되는 시점에서는 그림 1의 (b)에서 알 수 있듯이 하나의 석출물에서 q와 오스테나이트 두개의 회절 패턴을 동시에 얻을 수 있었다.

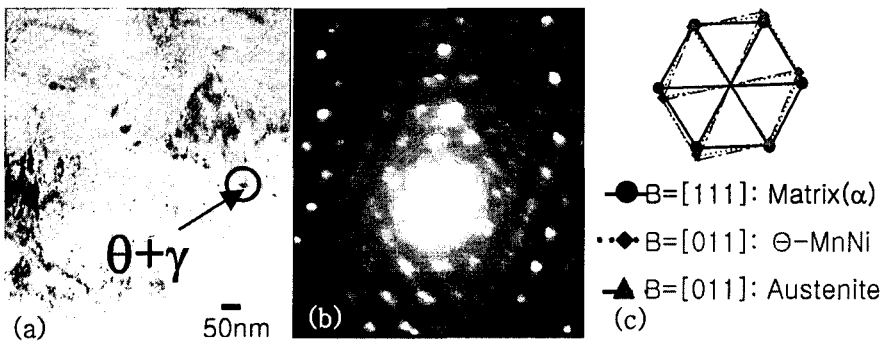


그림 1. 투과 전자현미경으로 본 440℃에서 2시간 시효한 시편의 (a) 명시야상 과, (b)제한 시야 회절 도형, (c)회절도형 모식도.

또한, 그림 2의 고분해능 이미지 에서도 하나의 석출물 속에 2개의 다른 상이 존재함을 알 수 있었다. 이것은 q상의 일부가 오스테나이트로 변태하고 있기 때문이며, 장시간 시효시 나타나는 오스테나이트 상들은 이미 변태가 완료된 상태라고 생각된다.

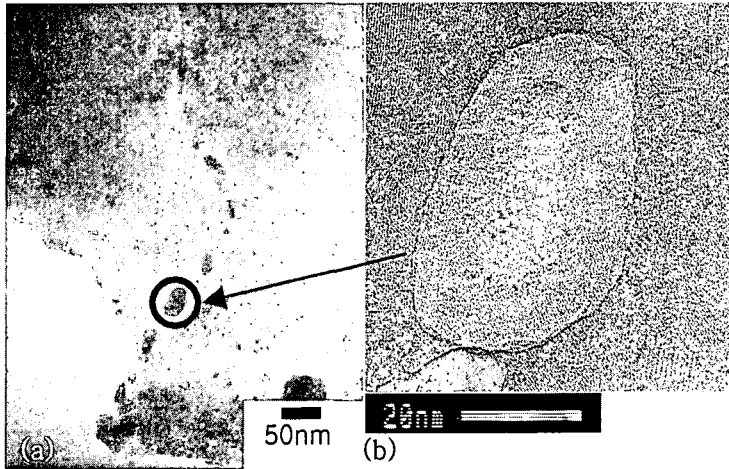


그림 2. 440°C에서 2시간 시효한 시편의 (a)명시야상과 (b)고분해능이미지

열역학 계산을 통해 본 이 조성에서의 평형상은 오스테 나이트 상이며, 따라서 q상은 준 안정 상임을 알 수 있다. 준안정상은 장시간 시효하면 안정상으로 변태하므로 열역학 계산을 통하여 본 결과도 q상의 오스테나이트상으로의 변태를 뒷받침 해준다.

이 상의 결과를 볼 때, 준안정상인 q상은 시효초기에 입계에 석출하여 입계취화를 일으키나, 장시간 시효함에 따라 점차 안정상인 오스테나이트상으로 변태함으로써 강도의 회복을 보이는 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Seung-Ho Mun: Ph.D.Thesis, School.of Material Science and Engineering, Seoul National University(2000)