

304 스테인리스강 시효처리 시 강화기구 고찰

이상훈¹, 최점용², 남원종^{1,*}

Strengthening mechanisms of 304 stainless steel during strain aging

S. H. Lee, C.Y. Choi, W. J. Nam

Abstract

Strengthening mechanisms of metastable austenitic stainless steel, containing α' -martensite phase, during strain aging was investigated. The variations of volume fraction of α' -martensite phase, hardness of α' -martensite phase, hardness of austenite were examined.

Key Words : Stainless steel, Strain induced martensite, Aging

1. 서론

냉간변형시 발생하는 가공유기 마르텐사이트는 30 계 준안정 오스테나이트계 스테인리스 강의 강화하기 가장 용이한 방법이다. 그러나 이러한 냉간변형에 의한 가공방법 이외에도 냉간가공에 의해 생성된 α' -martensite 를 함유한 준안정 오스테나이트계 스테인리스강을 시효처리하면 특정 온도 구간에서 강도가 상승하는 현상이 발생한다. 일반적으로 시효처리에 의한 강도 상승은 탄소강에서 발생하며, 이는 고용원소가 전위주위에 몰리면서 전위이동을 방해하여 나타나는 현상으로 이해되고 있다. 한편 준안정 오스테나이트계 스테인리스강에서는 시효처리시 강도 상승은 인정되고 있으나 그 원인인 강화기구에 대해서는 아직 논란이 되고 있는 상황이다. 이미 보고된 강도 상승의 기구 중 하나는 시효처리시 α' -martensite 양이 증가한다는 논리이다.

Chukleb 과 Martynov[1]는 기존의 α' -martensite 가 성장한다는 기구를 제시하였고, Mangonon 과 Thomas [2]는 탄소강에서의 마르텐사이트 형성과

같이 전단에 의한 새로운 α' -martensite 의 생성이 이루어지며, 이를 TEM 을 통해 관찰하였다. 반면, Mukho-Padhyay [3]는 α' -martensite 생성은 시효 열처리 후 냉각하는 동안에 생성되며, 이는 미세한 탄화물들의 석출로 인한 주변 기지의 크롬과 탄소의 결핍으로 인한 국부적 M_s 온도를 상승시켰기 때문이라고 보고하였다.

Okamoto [4]는 가공 유기 변태 마르텐사이트를 갖는 스테인리스 강의 열처리 시 강도 상승 효과에 대한 다른 기구를 보고하였다. 많은 변형이 가해진 페라이트계 강은 저온 열처리 시 고용된 탄소나 질소의 확산에 의한 강도 상승이 일어나는데 이는 체심 입방구조를 가지는 가공유기 마르텐사이트에도 적용될 수 있다. 따라서 적은 양의 탄소를 가지는 페라이트계 강과 유사한 거동을 보이고 있는 오스테나이트계 스테인리스 강에도 적용 가능하다.

따라서, 본 연구에서는 냉간 가공된 오스테나이트계 304 스테인리스강의 열처리시 미세조직 변화와 기계적성질 변화를 측정하여 시효처리시 작용하는 강화기구를 고찰해보고자 한다.

1. 국민대학교 신소재공학과

2. 포항제철 기술연구소

* 교신저자: 국민대학교 신소재공학과, wjnam@kookmin.ac.kr

2. 실험 방법

본 연구에서는 POSCO에서 생산하는 STS 304의 시편을 사용하였다. STS 304의 화학조성은 0.057C, 0.033N, 0.376Si, 1.08Mn, 18.14Cr, 8.14Ni, 0.305Cu, 0.146Mo 이다. STS 304시편은 40%의 압축률로 냉간 압연을 실시하였다. 또한 온도에 따른 시효 효과를 보기 위하여 200℃에서 700℃ 사이의 온도에서 1시간동안 열처리를 실시하였다. 인장시험은 초기 변형률 속도 $6.7 \times 10^{-4}/s$ 로 상온에서 시험하였으며, 마르텐사이트 양은 페라이트 스코프와 XRD를 통해 측정하였다. 페라이트 스코프를 통해 측정된 값은 아래의 식을 통해 마르텐사이트의 양을 나타낼 수 있다 [5].

$$\alpha'\text{-Martensite content} = 1.71 \times \text{Ferrite Scope reading}$$

3. 결과 및 고찰

3.1 α' -martensite 분율

그림 1은 40% 냉간압연한 시편의 열처리 온도에 따른 항복강도, 인장강도 및 α' -martensite 분율의 변화를 보여준다. 그림에서와 같이 강도 변화는 α' -martensite 분율 변화에 의해 크게 영향을 받을 수 있으며, 냉간가공 상태에서 45.5%의 α' -martensite 분율이 450℃로 시효처리하는 경우 50%로 증가하여, 시효 처리시 강도 상승에 α' -martensite 분율 변화가 기여함을 알 수 있었다.

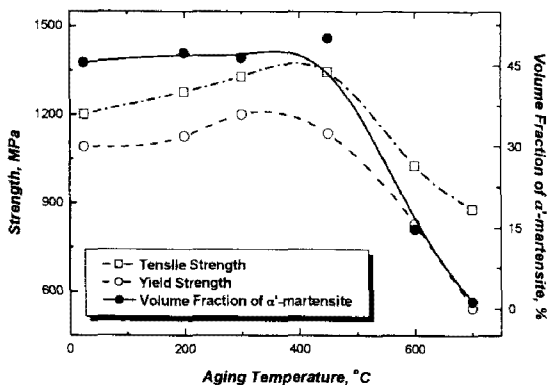


Fig. 1 Effect of aging temperature on mechanical properties and the amount of α' -martensite in cold rolled 304 stainless steels received 40% reduction. Samples were aged for an hour.

3.2 경도

그림 2는 40% 냉간압연한 시편의 열처리 온도에 따른 nano-indentation test한 결과를 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 시효처리시 α' -martensite와 오스테나이트 두 상의 경도가 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 시효처리시 강도 상승에 두 상의 강화효과가 기여한 것을 의미한다.

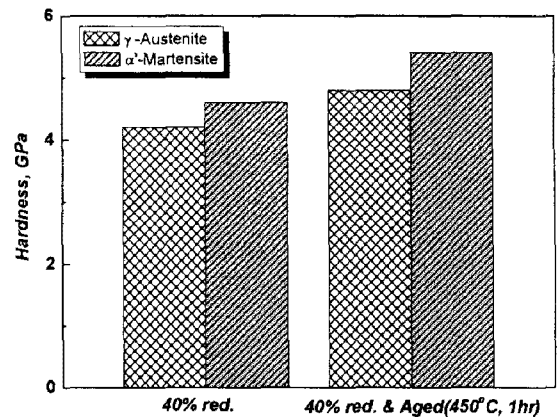


Fig. 2 Effect of static strain aging on hardness of austenite and α' -martensite in cold rolled 304 stainless steels received 40% reduction.

4. 결론

냉간 가공된 오스테나이트계 304 스테인리스강의 열처리시 미세조직 변화와 기계적성질 변화를 측정하여 시효처리시 작용하는 강화기구를 고찰한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 냉간가공 상태에서부터 α' -martensite 분율이 450℃까지 시효처리 온도가 상승함에 따라 강도의 상승이 관찰되었으므로, 시효 처리시 강도 상승에 α' -martensite 분율 변화가 기여함을 알 수 있었다.
- (2) 시효열처리시 α' -martensite와 오스테나이트 두 상의 경도가 증가하는 것으로부터, 두 상의 강화효과가 강도 상승에 기여함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] A. N. Chukhleb and V. P. Martynov, *Phys. Met. Metall.* 10, 80 (1960).
- [2] P. L. Mangonon, Jr. and G. Thomas, *Metall. Trans.* 1, 1587 (1970).
- [3] C. K. Mukhopadhyay, T. Jayakumar, K. V. Kasiviswanathan, and B. Raj, *J. Mater. Sci.* 30, 4556 (1995).
- [4] S. Okamoto, D. K. Matlock, and G. Krauss, *Scripta Metall.* 25, 29, (1991).
- [5] J. Talonen, H. Hänninen, and P. Aspegren: Laboratory of Engineering Materials, Helsinki University of Technology, Espoo, Finland, unpublished research, 2004.