

FE-TEM에 의한 Cr-Mo 첨가 고장력강의 미세 석출물 분석

FE-TEM analysis of ultrafine carbides in Cr-Mo bearing HSLA steels

이원범, 홍승갑, 김기호, 박성호*, 박찬경

포항공과대학교 항공재료연구소

+ 포스코기술연구소 박판연구팀

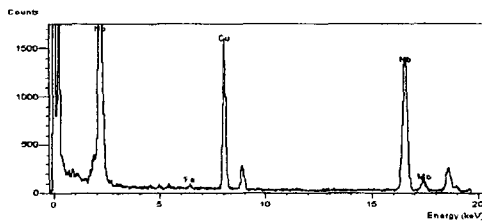
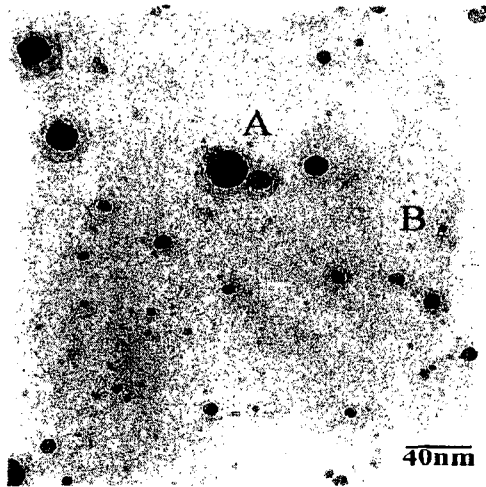
Cr-Mo 첨가 고장력강은 일반 고장력강에 고온 강도를 향상시키기 위한 강으로 건축 구조용 강재로 사용되고 있다. Cr은 강에 첨가되어 고온 강도와 내식성을 향상시키며, Mo은 미세조직을 베이나이트로 변화시켜 변태강화를 일으키고 그 자체로 석출 강화 효과를 가지고 있다. 특히, 최종 압연 후에 오스테나이트의 페라이트/펄라이트의 변태가 일어난 후 권취온도에서 Cr, Mo의 석출이 일어나므로 권취온도의 변화는 Cr-Mo첨가 고장력강의 고온 강도의 변화에 밀접한 관련이 있다. 이에 따라, 본 연구에서는 Cr-Mo 첨가 고장력강의 고온 강도에 영향을 주는 Cr, Mo의 영향을 분석하기 위해 미세조직 및 석출물을 관찰하고자 하였다.

본 연구에 사용된 강은 0.03Nb을 기본으로 하여 0.3Cr-0.0Mo, 0.3Cr-0.3Mo, 0.3-0.6Mo, 0.0Cr-0.3Mo이 첨가된 강이며 이 4가지 종류의 강은 4단 열간 압연 후 550, 600, 650℃에서 권취하였다. 그리고, 권취온도에 따른 미세조직과 탄화물의 변화를 관찰하였으며, 미세 석출물 분석은 Field-emission TEM과 EDS를 사용하여 분석하였다.

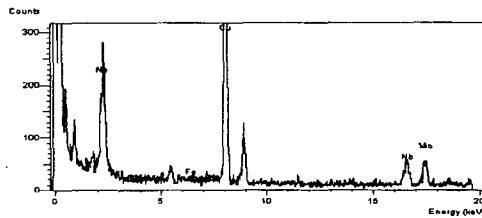
본 실험결과 Cr-Mo 첨가강은 Cr 첨가강에 비해 높은 상온 및 고온 강도를 나타내었다. 또한, 0.3Cr-0.0Mo강에 비해 0.0Cr-0.3Mo이 더욱 우수한 고온 강도를 나타내어 Mo이 Cr에 비해 높은 강도 향상을 보여주었다. 특히, 0.3Cr-0.6Mo강에서 권취온도 550℃의 경우 가장 높은 고온 강도를 나타내었다. 미세조직 분석결과 Mo의 첨가는 경화능의 향상에 의해 조직을 페라이트/펄라이트에서 베이나이트로 변화시키는 것으로 관찰되었으며, 권취온도가 낮을수록 베이나이트의 분율이 크게 증가하였다. 또한 CCT diagram을 분석한 결과 Mo의 첨가량이 증가할수록 변태곡선이 크게 변화하여 경화능이 향상하는 것을 확인할 수 있었다.

석출물 분석결과 모든 강에서 기지내에 약 10nm의 균질한 NbC가 관찰되었다. 그리고 Cr 첨가강의 경우 Cr₂C가 관찰되었으며 Mo₂C는 0.3Cr-0.6Mo강에서 관찰되었다. 이러한 Cr₂C, Mo₂C는 약 20nm이상의 크기를 가지고 있었으며 주로 결정립계와 결정립계 부근에 석출되어 있었다. 즉, Cr, Mo 탄화물에 의한 강도효과는 매우 미약한 것으로 확인되었다. 그러나, Cr 첨가강에 비해 Mo 첨가강의 경우에는 10nm이하의 미세한 NbC가 높은 밀도로 분포하였다. 또한, 0.3Cr-0.6Mo강에서 권취온도 550℃의 경우 고온 노출 후 미세한 NbC가 새로 형성되어 있음을 관찰할 수 있었다. 여기서 주의할 점은 약 5nm의 미세한 석출물의 경우 NbC에 Mo이 높은 밀도로 포함되어 있었으며, 10nm이상의 석출물의 경우 NbC에 미량의 Mo이 포함되어 있었다(그림 1). 이것은 Mo의 첨가가 Nb의 석출거동, 특히 핵생성에 큰 영향을 미쳐 NbC의 크기 및 분포를 변화시켰으며, 이렇게 미세하게 석출된 NbC는 상온 및 고온 강도의 향상에 큰 영향을 미쳤음을 의미한다.

즉 Mo의 첨가는 경화능의 향상에 따라 페라이트/펄라이트 조직을 베이나이트로 변화시켜 열간 압연에 따른 변태강화를 크게 향상시킴과 동시에, NbC의 석출 거동을 변화시켜 보다 미세하고 높은 밀도의 NbC에 의한 석출 강화 효과를 향상시킨 것으로 확인되었다.



A



B

Fig.1. FE-TEM image and EDS analysis of (Nb, Mo)C precipitated in 0.3Cr-0.6Mo contained steel.