

용접열영향부 조직변태에 미치는 페라이트 세립화의 영향

Effects of Ferrite Grain Refinement on HAZ Microstructural Evolution

방 국수, 박 봉규, 정 호경
부경대학교 생산가공공학과, 부산시 남구 용당동 산 100

서론

페라이트-퍼얼라이트 강에서 페라이트 결정립을 미세화하면 강도는 증가하여, Hall-Petch식을 외삽하여 계산한 결과 결정립이 $10\mu\text{m}$ 에서 $1\mu\text{m}$ 로 미세화하면 항복강도가 약 400MPa 정도 증가한다고 알려져 있다¹⁾. 따라서 페라이트 미세화는 강도와 인성을 동시에 증가시킬 수 있는 가장 매력적인 방법의 하나이다. 하지만 이러한 페라이트 세립강을 용접하면 당연 결정립의 조대화가 발생하고 용접냉각과정 중 고상변태에 의하여 원래의 세립 페라이트-퍼얼라이트와는 다른 조직을 나타내어, 최종적으로 모재와 다른 기계적성질을 나타낼 것이다. 본 연구에서는 페라이트-퍼얼라이트 강에서 용접열영향부 조직변태 및 경도 변화에 미치는 페라이트 크기의 영향에 대하여 조사하였다.

실험방법

실험에 사용한 강은 페라이트 크기가 약 $4\mu\text{m}$ (세립강) 및 $12\mu\text{m}$ (통상강)의 C-Mn 강이다. 강재로부터 $3\text{mm}\phi\times 10\text{mm}$ 의 시험편을 가공하여 최고가열온도 (T_p) 750~1350°C, 800°C에서 500°C까지의 냉각시간 ($\Delta t_{8/5}$) 5~40초로 변경하여 열사이클을 재현하였다. 각 시험편에 대하여 linear intercept법에 의한 오스테나이트 크기, 점산법에 의한 조직분율을 측정하였고, 하중 10kg의 비커스 경도를 측정하였다.

실험결과

Figure 1에 $\Delta t_{8/5}$ 를 5초 및 40초로 냉각한 경우 T_p 에 따른 경도변화를 나타내었다. 5초의 경우 양 강종 모두 전 시험온도범위에 걸쳐 경도 저하가 일어나나, 40초의 경우 세립강은 950°C까지 저하하다 재차 증가하는 경향을 나타낸다. 이러한 경도 변화를 예측하기 위하여 Ion 등의 모델을²⁾ 사용하여 T_p 1350°C에서 냉각시간에 따른 조직변태를 예측한 결과, 통상강의 경우에는 실측치와 잘 일치하나 세립강의 경우는 차이가 났다. 이러한 원인은 페라이트 세립화에 따른 변태촉진에 기인한 것으로 판단되어 페라이트 세립화의 영향을 고려한 수정계수를 적용하였다. Figure 2에 수정계수 0.5를 적용한 경우 계산치와 실측치를 나타내었는데 비교적 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.

한편 T_p 가 1350°C 이외의 경우는 온도변화에 따른 오스테나이트 크기의 영향을 고려하여 다시 계산하였다. Figure 3에 $\Delta t_{8/5}$ 가 5초인 경우 세립강에 있어서 T_p 에 따른 조직변화를 계산치와 실측치를 함께 나타내었다. 두 값들 사이에 양호한 상관관계를 나타내어 수정계수를 적용하면 Ion의 모델을 세립강에도 적용 가능함을 알 수 있다. 본 실험범위에서 세립강의 경우 마르텐사이트, 베이나이트 및 페라이트-퍼얼라이트의 평균경도는 각각 318, 180 및 145HV를 나타내어 이들 값들을 사용하여 혼합법칙을 적용 경도 변화를 예측하였다. Figure 4에 $\Delta t_{8/5}$ 가 5초인 경우 세립강의 경도변화를 나타내었는데 실측치와 비교적 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.

참고문헌

1. 주 응용: 차세대 구조용강재 개발개요, 차세대 구조용강재 개발 workshop (1997)
2. Ion J.C. et al: A Second Report on Diagrams of Microstructure and Hardness for Heat-Affected Zones in Welds, Acta. Metall., Vol. 32, No. 11 (1984), 1949

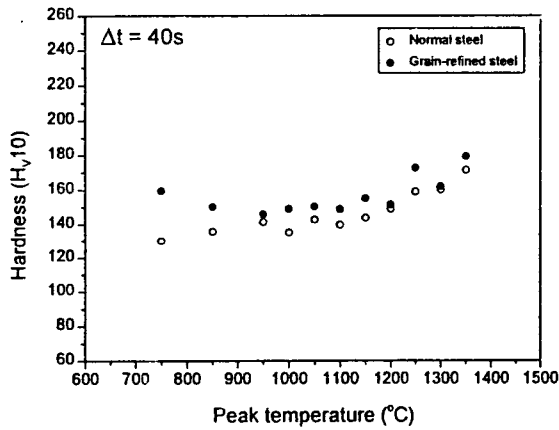
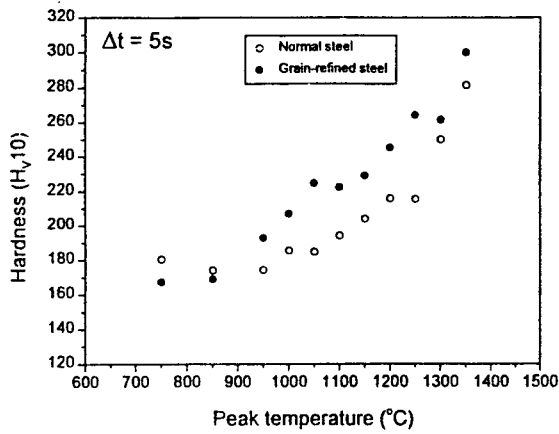


Fig. 1 Variation of hardness as a function of peak temperature

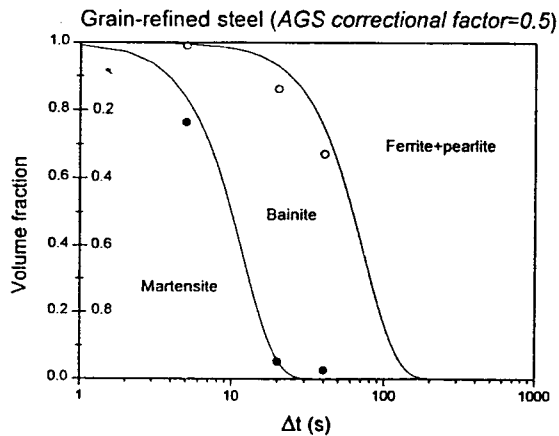


Fig. 2 Variation of volume fraction as a function of cooling time

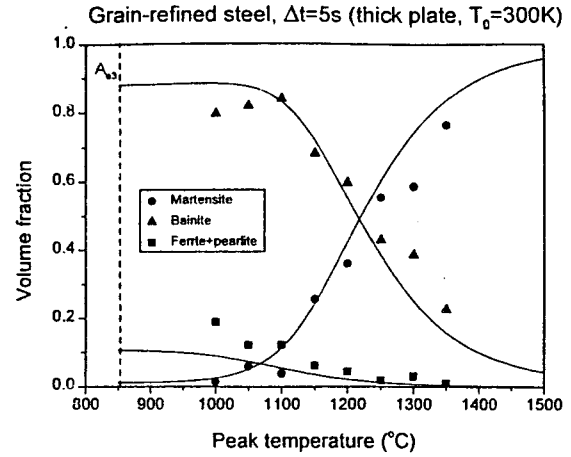


Fig. 3 Variation of volume fraction as a function of peak temperature

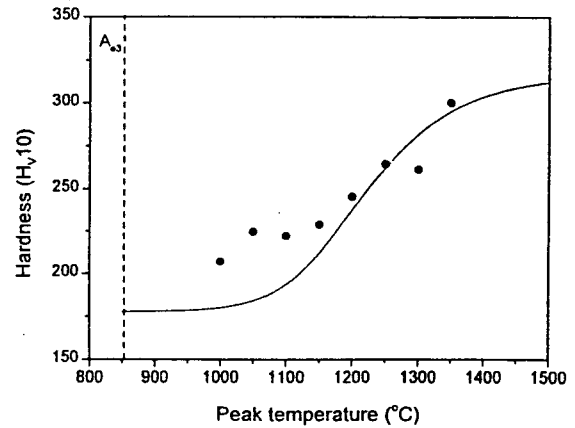


Fig. 4 Comparison between calculated and measured hardness