

## 미세 페라이트-페얼라이트 강 HAZ 강도 변화 Variation of HAZ Strength of Fine-Grained Ferrite-Pearlite Steels

정 호경, 방 국수, 박 봉규

부경대학교 재료공학부, 부산광역시 남구 용당동 산 100

### 서론

페라이트-페얼라이트 강에서 페라이트 결정립을 미세화하면 강도는 증가하여, Hall-Petch 식을 외삽하여 계산한 결과 결정립이  $10\mu\text{m}$ 에서  $1\mu\text{m}$ 로 미세화하면 항복강도가 약 400MPa 정도 증가한다고 알려져 있다<sup>1)</sup>. 따라서 페라이트 미세화는 강도와 인성을 동시에 증가시킬 수 있는 가장 매력적인 방법의 하나이다. 하지만 이러한 페라이트 세립강을 용접하면 당연 결정립의 조대화가 발생하고 냉각과정 중 고상 변태에 의하여 원래의 세립 페라이트-페얼라이트와는 다른 조직을 나타내어, 열영향부의 기계적 성질은 모재와 다를 것으로 예상된다. 본 연구에서는 용접조건에 따른 미세 페라이트-페얼라이트 강 용접열영향부의 강도 변화를 조사하고 예측모델을 제시하였다.

### 실험방법

실험에 사용한 강은 페라이트 크기를  $4\mu\text{m}$ 로 미세화한 두께 5mm의 C-Mn강이다. 인장 시험은 먼저  $12\times 100\times 5\text{mm}$ 로 시편을 가공하여 최고가열온도( $T_p$ ) 750~1350°C, 800°C에서 500°C까지의 냉각시간( $\Delta t_{8/5}$ ) 5~40초로 변경하여 열사이클을 부여한 다음, 두께 1.5mm의 ASTM E-8 subsize 시편으로 가공하여 행하였다.

### 실험결과

Figure 1에  $\Delta t_{8/5}$  5초 및 20초, 40초로 냉각한 경우  $T_p$ 에 따른 인장강도 및 항복강도 변화를 나타내었다. 인장강도는 가열온도 저하 혹은 냉각시간 증대에 따라 지속적으로 저하하고, 항복강도는 5초인 경우  $T_p$  감소와 함께 저하하지만 20초 및 40초인 경우 세립강은  $T_p$  감소와 함께 점차 저하하여 1050°C에서 최저값을 보인 후 재차 증가하고 있다. 이러한 항복강도의 변화를 전보에 발표한 조직예측모델과 혼합법칙을 사용하여 예측을 시도하였다.<sup>2)</sup> 이때 용접조건에 따른 페라이트 크기는 Grong<sup>3)</sup>의 모델을 적용하여 예측하였다. 본 실험에서 페라이트 크기는 냉각속도  $q$ 와 오스테나이트 크기  $d_o$ 에 따라 Figure 2와 같이 얻어졌으며, 항복강도의 계산치와 측정치를 Figure 3에 비교하였는데 비교적 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. Figure 4에는 모재와 HAZ의 인장강도 비와 항복강도 비를 나타내었다. 인장강도는 가열온도 저하에 따라 저하하다 1050°C 이하에서 포화 혹은 약간 증가하는데 반해 항복강도는 1050°C 이하에서 크게 증가한다. 이러한 점으로부터 항복강도가 페라이트 크기에 훨씬 민감한 영향을 받음을 알 수 있다.

### 참고문헌

1. 주 응용: 차세대 구조용강재 개발개요, 차세대 구조용강재 개발 workshop(1997)
2. 방 국수, 박 봉규, 정 호경: 용접열영향부 조직변태에 미치는 페라이트 세립화의 영향, 추

3. O. Grong, Metallurgical Modelling of Welding

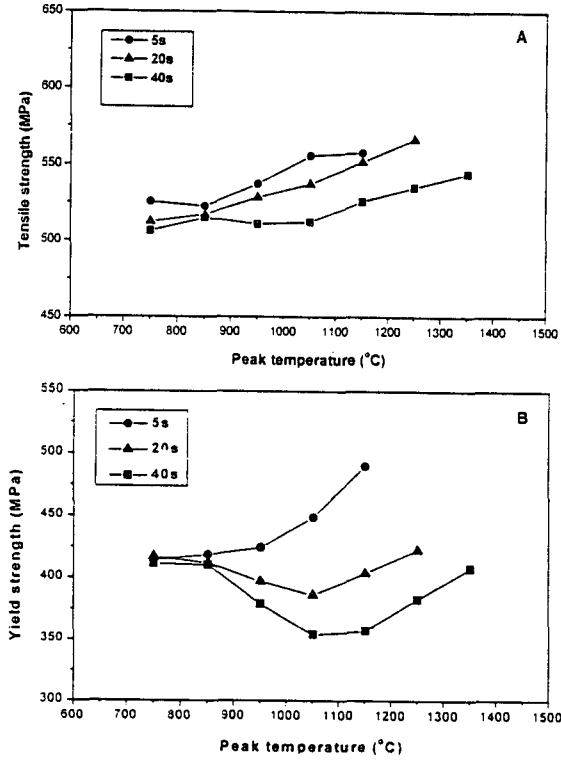


Fig. 1 Comparison of tensile strength and yield strength of grain-refined steel when cooled with cooling time

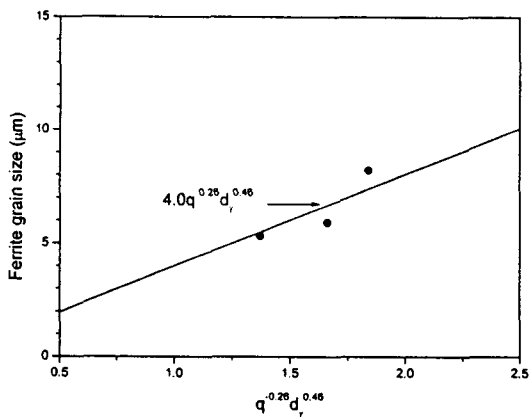


Fig. 2 Variation of ferrite grain size of grain-refined steel with  $q^{-0.26} d_f^{0.46}$

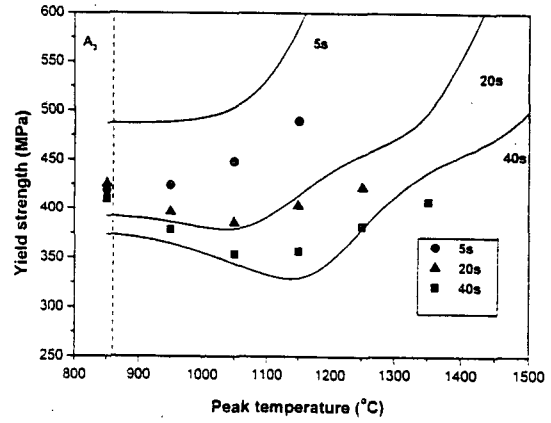


Fig. 3 Comparison of calculated and measured yield strength of grain-refined steel when cooling time

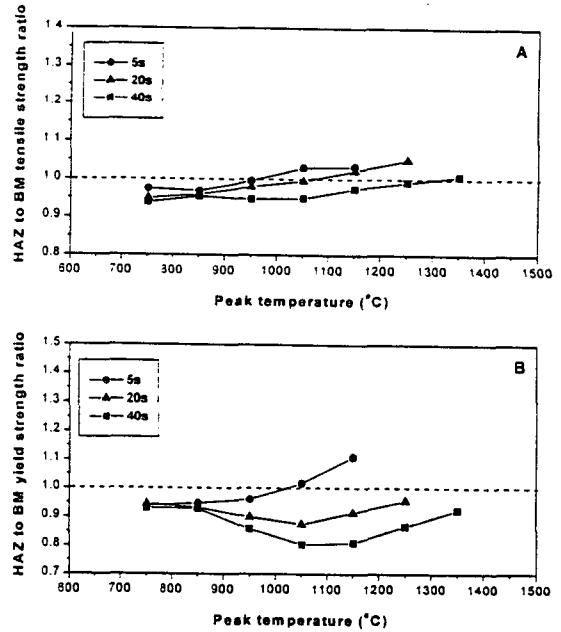


Fig. 4. Variation of HAZ to base metal tensile strength and yield strength ratio of grain-refined steel