

## 고강도 선조질강 냉간단조품의 자연파괴 메커니즘 분석

이진범<sup>1</sup>· 강남현<sup>1,#</sup>· 박지태<sup>2</sup>· 안준태<sup>2</sup>· 박영도<sup>3</sup>· 최일동<sup>4</sup>· 조경목<sup>1</sup>

## Preanalysis of Hydrogen-induced Delayed Fracture for High Strength Preheat-Treated Steel

J. B. Lee<sup>1</sup>, N. H. Kang<sup>1,\*</sup>, J. T. Park<sup>2</sup>, S. T. Ahn<sup>2</sup>, Y. D. Park<sup>3</sup>, I. D. Choi<sup>4</sup>, K. M. Cho<sup>1</sup>

### Abstract

The precipitate percentage and the spheroidization percentage were analyzed as a function of the tempering temperatures and the alloying elements for high strength preheat-treated steel. The optimum temperature of tempering produced the small precipitates of nano size. The precipitate percentage and the spheroidization percentage were increased with the tempering temperatures. The size of precipitate decreased as the spheroidization of carbon precipitates progressed. The alloying elements such as Cr and Mo reduced the spheroidization temperature.

**Key Words :** High Strength Steel, Pre-Heat Treated Steel, Tempering, Spheriodization, Carbon precipitate

### 1. 서 론

하였다.

최근 화석에너지 고갈과 자연환경보호를 위한 에너지규제가 강화되면서 자동차용 열연강판에서도 고강도화가 급격하게 진행되고 있다. 특히 DP 강, TRIP강, Martensite강 등 첨단고강도강(AHSS, Advanced High Strength Steel)의 사용이 더욱 크게 늘어나고 있다. 국내에서도 자동차 부품용 소재의 성능향상을 통한 고부가가치 부품의 개발과 더불어, 부품 소재의 제조공정 생략 및 원가 절감으로 생산성 향상을 위한 노력이 진행 중이다.[1]

최근 개발된 고강도 선조질강은 구상화열처리 시간단축과 열처리공정 생략을 통한 친환경 부품 소재이다. 고강도 선조질강은 유도가열 열처리를 거친 후 열처리를 통하여 미세 탄화물을 석출시키고 구상화처리를 실시하였다.

본 연구는 선조질강의 화학성분과 열처리 온도에 따른 미세조직과 탄화물 구상화 정도를 분석

### 2. 실험 방법

본 연구에 사용된 소재는 합금성분이 다른 3가지 합금을 사용하였으며, 직경 8.05mm 선재로서 표1에 나타내었다. 구상화 열처리는 450~720°C의 온도 구간에서 실시하였다. 1% Nital나이탈 용액으로 에칭하여 주사전자현미경 분석을 하였다. 탄화물 분율 측정과 시멘타이트 구상화 그리고 탄화물 크기는 이미지 분석 프로그램을 이용하였다.

Table 1 Composition of steels

	Chemical composition (wt%)				
	C	Si	Mn	Cr	Mo
SWRCH45K	0.47	0.21	0.75	-	-
SCM420H	0.20	0.20	0.82	1.10	0.19
AISI51B20	0.21	0.22	0.82	0.82	-

1. 부산대학교 재료공학부

2. 삼화강봉㈜

3. 동의대학교 신소재공학과

4. 한국해양대학교 기계소재공학부

# 교신저자: 부산대학교 재료공학부, E-mail: nhkang@pusan.ac.kr

### 3. 실험결과 및 토의

열처리 온도에 따라 합금원소가 미세조직에 미치는 영향을 분석하기 위하여 SEM 분석을 하였다. 합금 성분과 열처리 온도의 변화에 따른 미세조직을 그림 1에 나타내었다. 모든 소재는 열처리 온도가 증가 할수록 석출된 탄화물의 구상화와 조대화가 진행되었다. 탄소함량(0.2%)과 합금성분을 가지는 SCM420H와 AISI51B20 소재는 탄화물의 구상화가 SWRCH45K 소재보다 낮은 열처리 온도에서 진행되었다. 그러나 SWRCH45K 소재는 상대적으로 높은 탄소함량(0.4%) 때문에 550°C에서 600°C로 열처리 온도 승온시 석출된 탄화물이 급격히 구상화되었으며, 동시에 조대화가 초기에 진행되는 것으로 판단된다. 합금성분에 상관없이 열처리 온도 720°C에서 구상화는 최적화 되었고, 탄소함량이 높은 SWRCH45K 소재의 탄화물의 크기가 가장 조대하였다.

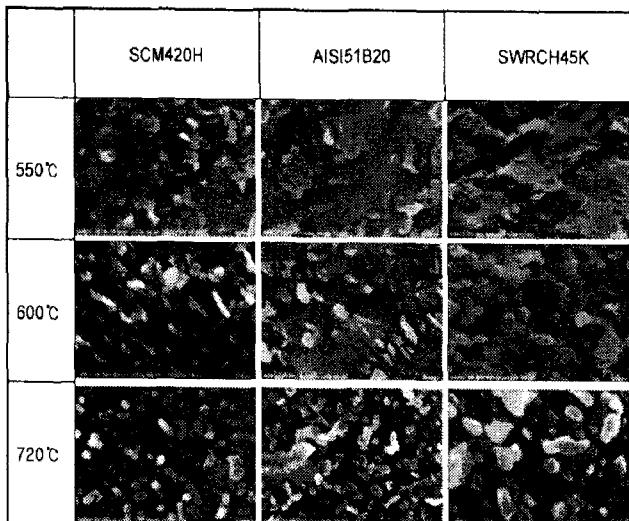


Fig.1 Microstructures at various temperatures

열처리 온도가 증가하면서 SCM420H강종의 탄화물 석출량은 증가하였고 AISI51B20강종은 거의 일정한 탄화물 석출량을 나타내었다. 그러나 탄소 함량이 0.4%로 높은 SWRCH45K강종은 탄화물 석출이 증가하다가 550°C에서 탄화물 구상화가 진행됨에 따라 석출량이 감소하는 것으로 그림 1에서도 볼 수 있다.

탄화물 구상화 정도는 열처리 온도에 따라 증가하였다. 판상형태에서 구형태로 구상화되는 탄화물 분율을 적량적으로 나타내기 위하여 명확한 측정기준이 필요하다.[1] 기존 연구에서는 시멘타

이트 입자의 단축과 장축의 비를 1.3 가정한 경우 [2]와 탄화물의 형상비가 5:1 이하인 입자를 구상화된 것으로 보는 연구가 보고되었다.[3~4]

본 연구에서는 주사전자현미경으로 관찰된 시멘타이트의 형상이 대부분 타원형이므로 형상비가 5:1 이하인 입자를 구상화된 입자로 간주하였다. 구상화분율은 다음과 같은 식(1)로 계산하였다.

$$\text{구상화분율}(\%) = \frac{V_u}{(V_u + V_s)} \times 100 \quad (1)$$

여기서  $V_u$ 는 구상화된 시멘타이트의 면적 분율,  $V_s$ 는 구상화되지 않은 시멘타이트의 면적 분율을 나타낸다. 구상화율은 점차 증가하다가 650°C에서 급격히 진행되어 720°C에서는 합금조성에 상관없이 모두 대략 72% 정도의 구상화율을 나타내었다.

석출된 탄화물의 장축 크기를 측정하여 평균값을 구하였다. 450~550°C에서는 탄화물이 입계로부터 석출되어 탄화물이 서로 뭉쳐있다가, 열처리 온도가 증가하면서 탄화물의 구상화가 진행되고 동시에 점진적으로 탄화물의 크기가 감소하였다.

### 4. 결 론

본 연구는 고강도 선조질강의 합금성분과 열처리 온도에 따른 미세조직을 분석하였다.

(1) 합금성분 Cr과 Cr-Mo가 첨가된 소재는 합금성분이 첨가되지 않은 소재보다 낮은 온도에서 탄화물 구상화가 진행되었다.

(2) 탄화물의 구상화가 진행됨에 따라 석출물 분율은 작아졌고 탄화물 구상화율은 증가하였다. 또한 구상화된 탄화물은 조대화되었다.

### 참 고 문 헌

- [1] 안순태, 이상래, 2002, 유도가열 텁퍼링한 저탄소 Cr-Mo강의 기계적 성질, 대한금속 재료학회지, 제40권, 제2호, pp 162~167.
- [2] 이웅렬, 강구현, 방명성, 남승의, 2004, 고온변형에 의한 냉간압조용강의 시멘타이트 구상화 연구, 열처리공학회지, 제17권, 제4호, pp 201~215
- [3] 안순태, 조경목, 이상래, 2001, 초음파법에 의한 중탄소강에서의 시멘타이트 구상화율 평가, 대한금속 재료학회지, 제39권, 제5호, pp 493~502
- [4] E. A Chojnowski and W. J. Tegart, Met. Sci., 1968, 14