

열처리한 HSLA 강의 유동특성

김정민* · 최노진* · 강성수**

Flow Stress of HSLA Steel by Heat Treatment

J. M. Kim, N. J. Choi and S. S. Kang

Abstract

Heat treatment is one of important manufacturing process that determine the quality of the products. Because of a difference of mechanical property by heat treatment, It is necessary to This papers presents flow stress and yield point through tensile test. The goal of this study is to obtain the data of flow stress and yield point at martensite, bainite, ferrite/pearlite phase structure using SCM420, SCr420. The result of tensile test is satisfied and is expected to develop an available FEM analysis.

Key Words : Flow Stress, Yield point, SCM420, SCr420, Heat Treatment, Martensite, Bainite, Ferrite/pearlite, Tensile Test

1. 서 론

열처리는 소재에 필요한 기계적 물성치를 획득하기 위한 중요한 공정 중의 하나이다. 강의 열처리 기술은 자동차 부품, 항공기 부품 등 핵심 부품의 강도, 내마모성, 내구성 및 성능 향상을 위해서 필요한 기술이다. 그러나 열처리 시에는 크기와 형태의 변형 및 Quenching 균열과 같은 결함이 발생하게 되며 이로 인한 추가 공정이 요구되어 생산비용을 증가 시키고, 생산되는 부품의 신뢰도에 치명적인 영향을 끼치는 여러 가지 문제를 발생시키고 있다.¹⁾

T.Shirakashi, K.Maekawa .E.Usui 는 저탄소강을 이용하여 변형률속도와 온도에 따른 유동특성을 연구 하였으며 ²⁾ S.I.Kim, Y.Lee, S.M Byon 은 AISI 4140 을 이용하여 압축실험 및 비틀림실험을 통해

서 유동특성을 연구하였다.³⁾ 이 연구에서는 기어 및 자동차 핵심부품에 주로 사용하고 있는 HSLA 강의 대표적 강종인 SCM420, SCr420 을 사용하였으며, 열처리를 통해서 마르텐사이트, 베이나이트, 페라이트/펄라이트 단상조직의 시편을 제작하여 상온 인장 실험 및 고온인장실험을 실시 하였다. 인장실험결과를 통해서 열처리에 의한 상변태 된 조직의 소성변형거동을 획득하고자 하였다.

2. 인장실험

2.1 목표 강종

이 연구에 사용하는 목표 강종은 대표적인 HSLA(High Strength Low Alloy)강으로써 주로 자동차 기어 및 냉간단조용 부품으로 많이 사용하고 있는 SCM420, SCr420 강을 선정하였다.

* 부산대학교 정밀기계공학과 대학원

** 부산대학교 기계공학부

Table 1 Comparison of measured roughness data

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
SCM 420	0.18	0.15	0.6	0.03	0.03	0.9	0.9
	~	~	~	이하	이하	~	~
SCr 420	0.23	0.35	0.85			1.2	1.2
	0.18	0.15	0.6	0.03	0.03	0.9	-
	~	~	~	이하	이하	~	
	0.23	0.35	0.85			1.2	

위의 Table 1 에 SCM420 및 SCr420 강의 화학조성을 나타내었으며, JIS 규격을 참조하였다.

2.2 시편규격

인장시편은 KS 14 호 비례시편규격을 이용하였으며, Fig. 1 은 상온인장시편 도면 및 고온인장시편 도면을 나타내었다..

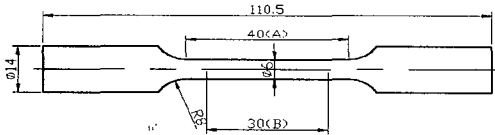


Fig. 1(a) Room temperature

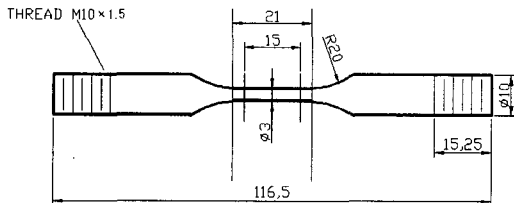


Fig. 1(b) High temperature
Fig. 1 Geometry of tensile test

2.3 열처리

가공된 시편들은 마르텐사이트, 베이나이트 페라이트/펠라이트 조직을 만들기 위해 Fig 4의 방법으로 열처리를 하였다. 마르텐사이트 조직을 만들기 위한 열처리는 분당 10℃로 속도로 850℃로 가열한 다음, 완전한 오스테나이트 조직을 만들기 위해 1 시간을 유지하고 수냉으로 쿨링하였다. 베이나이트 열처리는 850℃의 염욕로에 20분 동안 담근 후, 500℃의 염욕로에 각각 3시간(SCM420),1시간(SCr420)을 유지하였다. 페라이

트/펠라이트는 650℃ 염욕로에 SCM420, SCr420 모두 1시간 동안 유지하였다. Fig.2에는 열처리 사이클을, Fig. 3에는 열처리 실험장비를 나타내었다. Fig. 3(a)는 마르텐사이트 열처리에 사용한 전기로이며, Fig. 3(b), 3(c), 3(d)의 염욕로 장비는 KIMM이 보유하고 있는 장비이며,베이나이트, 페라이트/펠라이트 열처리를 하기 위해 사용하였다.

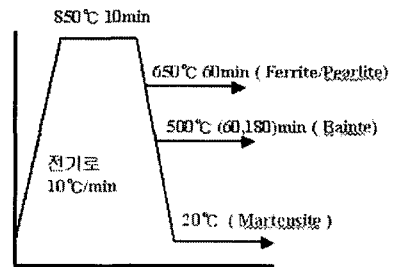


Fig. 2 Heat treatment cycle

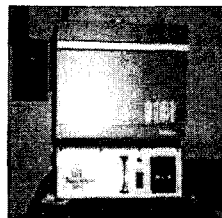


Fig. 3(a) Furnace



Fig. 3(b) Salt bath(850℃)

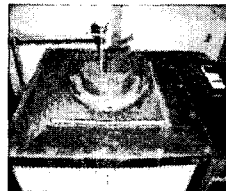


Fig. 3(b) Salt bath(650℃)

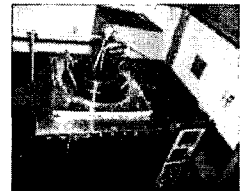


Fig. 3(b) Salt bath(500℃)

Fig. 3 The equipment for heat treatment

2.4 조직 촬영

열처리한 시편들의 조직을 촬영하기 위해 광학 현미경을 이용하여 조직 촬영을 했다. 에칭법은 일반적인 연강에 많이 적용하는 질산 0.05%, 에탄올 0.95%의 나이탈 에칭법을 이용했다. Fig. 4 는 SCM420, SCr420 의 베이나이트 조직을 보여준다.

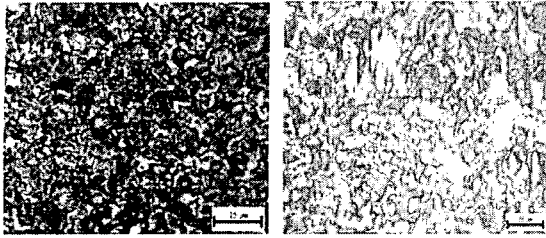


Fig. 4(a) SCr420 Fig. 4(b) SCM420

2.5 상온 및 고온인장실험

열처리 된 마르텐사이트, 베이나이트, 페라이트/펄라이트 조직의 시편을 이용하여 상온 인장실험을 하였다. 실험조건은 Ram speed 를 1mm/min 로 적용하였으며, 실험장비는 INSTRON 8501 을 사용하였다. 고온인장실험은 상온인장실험과 같이 Ram speed 를 1mm/min 을 적용하였으며, 가열온도 속도는 100°C/min 를 적용하였다. 고온인장실험에 적용한 Gleeble 3200 은 열전대에 의해서 온도가 자동적으로 제어를 하므로 열전대 위치가 중요하다. 그래서 시편의 중앙부에 전기저항용접을 하여 열전대를 부착하였으며, 표점거리 부의 온도균일을 하기 위해 유지시간을 1 분으로 적용하였다. 아래의 그림 Fig. 4 에서는 상온인장실험장비와 고온인장실험장비를 보여주고 있다.

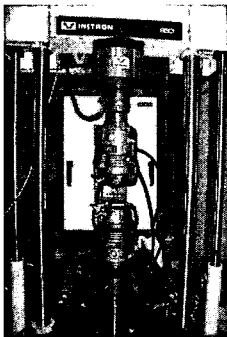


Fig. 5(a) INSTRON 8501 (Room Temperature)

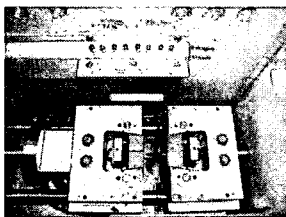


Fig. 5(b) Gleeble 3200 (High temperature)
Fig. 5 The equipment of tensile test

3. 실험결과

3.1 상온인장실험결과

마르텐사이트, 베이나이트, 페라이트/펄라이트 조직의 시편을 이용하여 상온인장실험을 실시한 결과는 Fig. 5 에 나타내었다

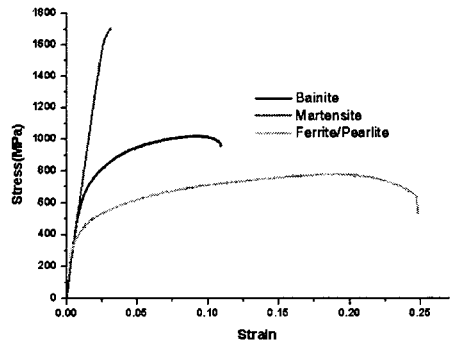


Fig. 6(a) SCM420

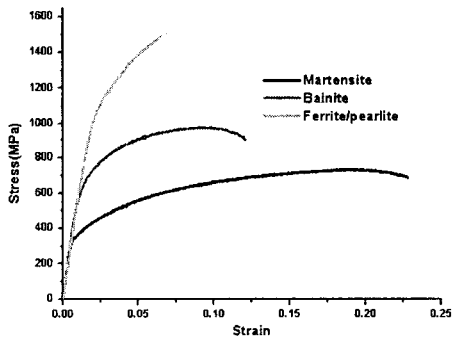


Fig. 6(b) SCr420

Fig. 6 The result of tensile test (SCM420, SCr420)

Fig. 5 를 보면, SCM420 강 의 경우, 마르텐사이트 항복강도가 1660.5MPa 이고 베이나이트는 647.5MPa 이며, 페라이트/펄라이트는 452.31MPa 이었다. SCr420 강은 마르텐사이트는 1135.44MPa 이고, 베이나이트는 600.7MPa 이며, 페라이트/펄라이트는 346.18MPa 이었다.

3.2 고온인장실험결과

SCM 420 강 의 마르텐사이트 조직의 시편을 이용하여 마르텐사이트 상이 존재하는 20°C, 200°C, 400°C 에서 인장실험을 한 결과는 Fig. 7 에 나타내었다

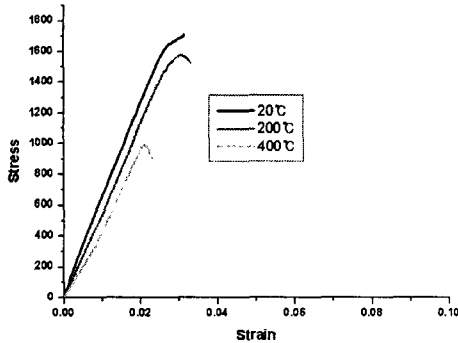


Fig. 7 The result of tensile test at 20°C, 200°C, 400°C using SCM420 martensite

그림 7 에서 알 수 있듯이 고온에서도 상온과 마찬가지로 마르텐사이트 조직은 취성이 강하다는 것을 알 수 있으며, 변형률이 0.03 이하에서 모두 파단이 일어났다. 항복강도가 20°C일 때 1660.5MPa 이며 200°C는 1554.4MPa, 400°C는 995.1MPa 결과가 나타났다. 상온과 200°C는 항복강도가 큰 차이가 없지만, 400°C에는 항복강도의 차이가 있음을 알 수 있었다.

4. 결론

열처리에 따른 SCM 420, SCr420 강의 각 조직을 이용하여 상온인장실험 및 고온인장실험을 수행한 결과에 대해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 인장실험을 통해서 SCM420, SCr420 모두

일반적인 유동특성 경향이 나타났으며, 열처리에 의해서 항복유동 특성이 현저히 차이가 남을 알 수 있었다.

(2) 고온인장실험을 통해서 마르텐사이트 유동 특성을 확인 해 본 결과 다른 조직들에 비해 고온에서도 취성을 유지함을 알 수 있었다.

참고문헌

- (1) G.M, Ludtka, W.H, Elliott Tracy, Pattok, 1998 "Predictive Model and Methodology for Heat Treatment Distortion", The Engineering Society For Advancing Mobility Land Sea Air and Space INTERNATIONAL, August 11-13,
- (2) T. Shirakashi K. Maekawa, E. Usui, 1995 "Flow Stress of Low Carbon Steel at High Temperature and Strain rate (Part 1) -Property of Incremental Method in Impact Compression Test with Rapid Heating and Cooling Systems", Bulletin of the Japan Society Precision Engineering, Vol.17 No.3 Sept
- (3) S.I, Kim, Y, Lee, S.M, Byon, 2003 "Study on Constitutive relation of AISI 4140 steel subject to large strain at elevated temperature", J.Mat. Process Tech, Vol 140, pp. 84-89
- (4) 진민호, 2004, "HSLA 강의 퀴칭 시 열변형 예측모델 개발에 관한 연구", 부산대학교, 석사 학위논문