

박판 스프링용 탄소공구강대(SK5M)의 시험온도에 따른 기계적 특성평가 Characterization on Testing Temperatures of Carbon Tool Steel(SK5M) Used for Flat Spring

*. #원시태¹, 임철특², 김기주³

*.#S. T. Won¹(stwon370@snut.ac.kr), C. R. Lim², K. J. Kim³

¹ 서울산업대학교 금형설계학과, ²대원강업(주) 기술연구소, ³쌍용자동차 CAE팀

Key words : Carbon Tool Steel (SK5M), Flat Spring, Testing Temperature, Mechanical Properties

1. 서론

박판 스프링은 접점, 릴레이, 각종 스위치, 리드 디스크 차지 밸브 등과 같이 가전제품, 통신기기, 자동차 관련 산업에서 광범위하게 사용되고 있으며, 이들 박판 스프링용 재료는 점점 박판화와 함께 고정밀도, 고강도의 특성이 요구되고 있다. 특히 관두께 1mm 이하의 박판 스프링용 재료는 특성 평가방법에 따라서도 특성값이 상이하게 나타나기 때문에 외국의 경우에는 박판 스프링 특성 평가 위원회가 구성되어 박판스프링에 대한 특성 평가 방법을 규정하여 사용하고 있다. [1-2]

한편 박판스프링용 재료는 전기적, 내식성의 용도에는 인청동, 베릴륨동과 같은 비철계 합금이, 비자성, 내식성의 용도에는 스테인리스강대가 사용되고 있으며, 스프링용 탄소공구 강대는 일반적으로 내구성이 좋아 산업기기, 자동차, 가전제품 등의 용도에 0.5 - 1.0%의 고탄소강으로 규격화되어, 스프링 형상이 복잡한 경우에는 탄소 함유량이 적은 소재를, 고강도를 요구하는 경우에는 탄소 함유량이 많은 것을 열처리하여 사용한다. [3-5]

최근에는 주변 관련 산업의 발달과 더불어 점차 박판 스프링용 탄소공구강대의 용도가 널리 확대되고 있는 시점에서 국내의 경우 박판 스프링의 국산화 및 사용환경을 고려한 특성 평가에 대한 자료는 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 박판 스프링용재료의 데이터 베이스화를 위한 계통적인 연구[5-8]의 일환으로 탄소 공구강(SK5M) 뜨임처리재의 사용온도 조건에서의 기계적 특성을 평가하였다.

2. 실험재료 및 실험방법

2.1 실험재료

본 실험에서 사용한 SK5M 재는 860℃에서 기름 담금질 후 360℃, 390℃, 420℃에서 각각 공냉 뜨임처리를 하였고, Table 1은 화학성분을 나타낸 것이다.

Table 1 Chemical compositions of specimen (wt %)

Material	Thickness (mm)	Composition (%)						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
SK5M	0.4,0.6,1.2	0.85	0.35	0.50	0.03	0.03	0.25	0.3

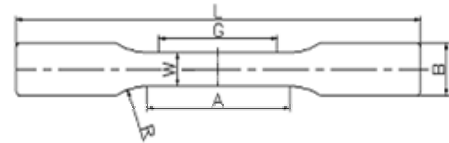
2.2 현미경 조직관찰 및 경도시험방법

SK5M 재의 뜨임조직은 금속 광학현미경 [Olympus AX30]에서 관찰하였고, 경도값의 측정은 마이크로 비커스경도계 [FutureTech, FM7]를 사용하였다.

2.3 인장시험방법

인장시험편의 형상은 Fig. 1 과 같고, 금형을 제작하여 프레스에서 블랭킹 가공을 하였다. 인장시험은 가열챔버 [Model SF868E]가 부착된 Instron 인장시험기 [Model 8516]를 이용하였고, 시험속도는 10mm/min 로 하였다. 이때 시험온도는 상온(20℃)과 80℃, 120℃, 160℃의 4 종류를 선

정하였다. [2]



A=60 mm, R=25 mm, B=20 mm, W=12.5 mm, G=50 mm, t=0.5 mm, L=170 mm

Fig. 1 Geometry of tensile test specimen

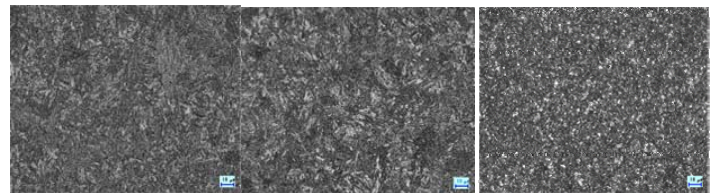
2.4 크리프 실험방법

크리프시험은 가열챔버(1000℃) 및 스트레인메타(1/1000mm)가 부착된 켄타레버식의 크리프시험기 [Model CR5000]를 이용하였고, 각각 80℃, 120℃, 160℃의 크리프 온도하에서 인장강도의 1/5, 1/3, 1/2 의 크리프응력을 가하고, 100 시간동안 유지했을 때 발생하는 크리프 변형율을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 현미경 조직시험 결과 및 고찰

Fig.2 에서 860℃ 기름 담금질 후 360℃와 390℃의 뜨임처리 SK5M 재는 소르바이트 기지에 입상의 탄화물이 관찰되지 않았으나, 420℃의 뜨임 처리 SK5M 재는 소르바이트 기지에 입상의 탄화물이 관찰되었다.



(a) 360℃ Tempering (b) 390℃ Tempering (c) 420℃ Tempering

Fig. 2 Micro-Structure of Tempered SK5M (500X)

3.2 경도시험 결과 및 고찰

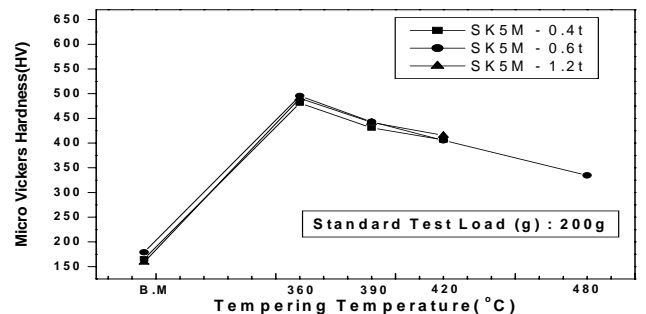


Fig. 3 The relation between hardness and tempering temperatures

Fig. 3 에서 360℃ 뜨임재의 경도값이 Hv=488 로 가장 크고, 뜨임온도가 증가할수록 경도값은 저하하여 480℃ 뜨임재의 경도값은 Hv=344 로서 360℃ 뜨임재의 약 0.68 배의 크기를 갖는다. 그러나 동일한 온도에서 뜨임 처리한 SK5M 재의 경도값은 시편두께 차이에 의한 영향은 거의 나타나

지 않는다.

3.3 인장실험결과 및 고찰

Fig. 4 에서 360℃ 뜨임재의 상온에서의 인장강도는 166.4-169.7Kgf/mm², 항복강도는 148.4-153.2Kgf/mm²이고, 연신율은 5.9-8.0%의 값을 갖는다. 한편 뜨임온도가 390℃ 및 420℃ 로 높아지면, 360℃ 뜨임재의 인장강도에 비해 각각 0.93-0.95 및 0.81-0.84 배의 크기로, 항복강도는 360℃ 뜨임재의 0.95-0.97 및 0.83-0.87 배의 크기로 각각 저하한다. 그러나 연신율은 뜨임온도의 영향이 거의 나타나지 않는다. 또한 동일온도 뜨임 처리재의 경우 인장강도, 항복강도, 연신율에 미치는 시편 두께의 영향은 거의 나타나지 않는다.

한편, Fig. 5 에서 폴립재 및 360-420℃ 뜨임재의 경우 시험온도가 상온에서 160℃로 상승하면 폴립재의 인장강도는 상온의 약 0.9 배, 뜨임재는 상온의 약 0.97-0.98 배의 크기를 나타내며, 항복강도는 폴립재와 뜨임재 모두 상온의 약 0.87-0.93 배의 크기로 저하하며, 연신율은 시험온도의 영향이 크지 않음을 볼 수 있다. 이의 경향은 시험편 두께가 0.6, 1.2mm 의 경우에도 비슷한 양상을 갖는다.

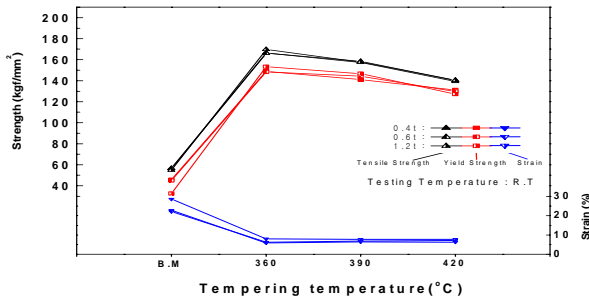


Fig. 4 The relation between tensile test result and tempering temperatures at 20°C testing temperatures

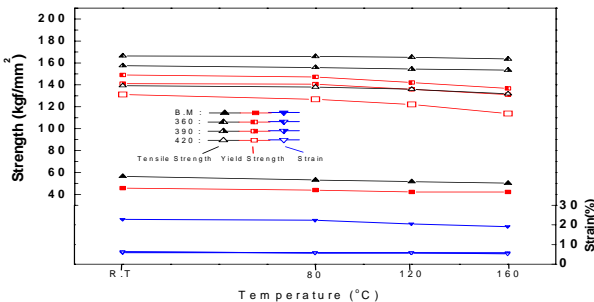


Fig. 5 The relation between tensile test result and tempering and 20-160°C testing temperatures of SK5M(0.4mm)

3.4 크리프실험결과 및 고찰

Fig.6 은 360℃ 뜨임재의 경우 각각의 크리프온도와 응력하에서 100 시간 동안에 발생하는 크리프 변형율을 Larson-Miller 상수와의 관계[2]를 나타낸 것으로, 크리프 응력이 낮은 33.28 Kgf/mm²에서는 크리프초기 및 100 시간 경과후의 크리프 변형율이 약 0.180-0.210 %의 크기를 갖으나, 크리프 응력이 상온 인장강도의 1/2 인 83.20 Kgf/mm²으로 증가하면, 크리프초기 및 100 시간 경과후의 크리프 변형율이 약 0.655-0.688 %의 크기를 갖는다.

한편 Fig.7 은 각각의 크리프 응력에서 크리프 초기부터 100 시간 동안 발생하는 크리프 변형율 기울기의 관계를 나타낸 것으로 크리프 응력이 클수록 크리프 변형율 기울기가 증가함을 알 수 있다.

이상의 결과는 390℃-420℃ 뜨임재의 경우에서도 비슷한 경향을 갖고 있음을 알 수 있었다.

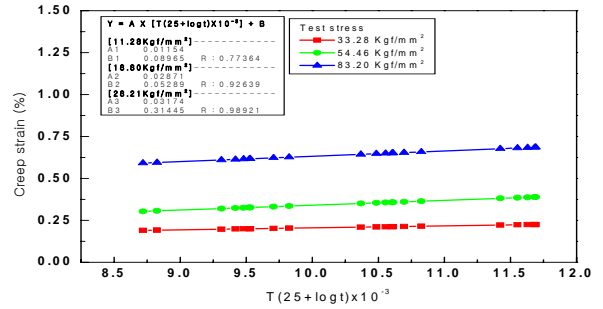


Fig. 6 The relations between creep strain and LMP (Larson-Miller Parameter) of 360°C tempered SK5M (0.4mm)

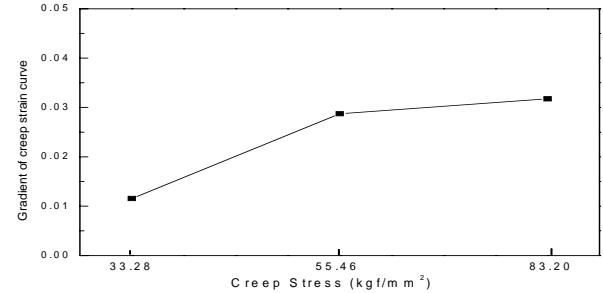


Fig. 7 The relations between gradient of creep strain curve and creep stress of 360°C tempered SK5M (0.4mm)

4. 결론

박판 스프링용 탄소공구강대(SK5M)의 열처리조건과 시험온도조건이 기계적 성질에 미치는 영향은 다음과 같다.

- (1) 60℃ 및 390℃ 뜨임 SK5M 재는 소르바이트 기지에 입상탄화물이 관찰되지 않으나, 420℃ 뜨임 SK5M 재는 입상탄화물이 관찰되었다.
- (2) 360℃ 뜨임 SK5M 재의 경도값은 Hv=488 이고, 420℃ 뜨임 SK5M 재의 경도값은 Hv=344 을 갖는다.
- (3) 360-420℃ 뜨임 SK5M 재의 경우 시험온도가 상온에서 160℃로 상승하면 인장강도 및 항복강도는 각각 상온 인장강도의 약 0.97-0.98 배의 크기로, 상온 항복강도의 약 0.87-0.93 배의 크기로 저하하였으며, 연신율은 시험온도 크기에 의한 영향이 거의 나타나지 않는다.
- (4) 360-420℃ 뜨임 SK5M 재의 경우 크리프온도(80-160℃)와 크리프응력(상온 인장강도의 1/5-1/2)조건하에서 100 시간 경과 후 발생한 크리프 변형율은 모두 1.0%이하의 값을 갖는다.

참고문헌

1. ばね技術研究会, 細線・薄板疲労特性研究会, "細線・薄板疲労特性データ集," 3-7, 20-27, 49-51, 2001.
2. 薄板ばね強度委員会, "薄板ばねの特性評価法に関する研究, ばね論文集," 第31号, 76-102
3. ばね技術研究会, "ばね技術シリーズ ばねの種類と用途", 日刊工業新聞社, 東京, 28-33, 1998.
4. ばね技術研究会, ばね技術シリーズ, "ばね用材料とその特性," 日刊工業新聞社, 東京, 147-157, 2000
5. 류태호, 원시태외, "SK4M 재의 시험온도에 따른 기계적 특성," 한국정밀공학회추계학술대회 논문집, 693-696, 2002
6. 류태호, 원시태외, " STS301CSP 재의 시험온도에 따른 기계적특성 평가," 한국정밀공학회 추계학술대회 논문집, 277, 2003
7. 원시태외, "SK5M 재의 기계적성질에 미치는 뜨임온도의 영향," 한국정밀공학회추계학술대회논문집, 85-86, 2006
8. 임금호, 원시태외, " STS301CSP-3/4H, -H, -EH 재의 기계적특성에 미치는 시험온도의 영향," 한국정밀공학회 추계학술대회 논문집, 33-34, 2006