韓國精密工學會 2002年度 秋季學術大會論文集 pp.693～696 KSPE 02F067

박판 스프링용 탄소공구강재(SK4M)의 시험온도에 따른 기계적 특성

류태호*(서울산업대학원 정밀기계공학과), 원시태(서울산업대 금형설계학과),
박상언, 임철록((주)대원강업)

The Effects of the Testing Temperatures on the Mechanical Properties of the Carbon Tool Steel(SK4M) for Flat Spring

T. H. Ryou(Pre. Mech. Eng. Dept., SNUT), S. T. Won(Die & Mold Desig. Dept., SNUT),
S. E. Park, C. R. Lim(Daewon Kang Up Co., Ltd.)

ABSTRACT

This study examined the effects of the testing temperature on the mechanical properties of the carbon tool steel (SK4M) for flat spring. Hardness test and fatigue test were performed at room temperature (20℃). Tensile test and creep test were performed at temperature range 20℃～160℃. The micro-vickers hardness values of SK4M was Hv=584. The Elastic modulus, tensile strength and yield strength of SK4M at 160℃ test temperature were decreased 0.92 time, 0.97 time and 0.82 time those of SK4M at 20℃ test temperature, respectively. The maximum creep strain for 100hr at creep temperature (80℃～160℃) and creep stress (37.4Kgf/mm^2～93.6Kgf/mm^2) was 0.572%. The fatigue limit of SK4M was 94Kgf/mm^2.

Key Words : Carbon tool steel for flat spring(박판 스프링용 탄소공구강재), Testing temperature(시험온도), Tensile Test(인장시험), Creep test(크리프테스트), Fatigue test(피로시험)

1. 서론

접점, 릴레이, 스위치, 리드디스차지 밸브 등과 같이 가전제품, 통신기기, 자동차 관련 산업에서 광범위하게 사용되고 있는 박판 스프링은 이들 제품의 고속화, 다기능화에 따라 점점 소형화 되고 있으며, 고정밀도 및 고강도의 특성이 요구되고 있다. 특히 판두께 1mm 이하의 박판 스프링에 대해서는 특성 평가방법에 따라 결과도 상이하게 나타나기 때문에 일본의 경우에는 박판 스프링의 특성 평가 위원회가 구성되어 특성 평가 방법을 규정하여 사용하고 있다.[1,2]

한편 박판 스프링용 재료는 전기적 특성, 내식성 및 가공성이 우수해야하기 때문에 인청동, 베릴륨동과 같은 비철계 합금이 사용되고 있으나 주로 철강재료가 사용되고 있다.[3] 특히 스프링용 냉간 압연강대에서는 0.5%~1.0%의 고탄소강이 규격화되어 있으며 스프링 형상이 복잡한 경우에는 탄소 함유량이 적은 소재를, 높은 강도를 요구하는 경우에는 탄소 함유량이 많은 것을 사용한다. 탄소공구강은 일반적으로 내구성이 좋아 산업기기, 자동차, 가전제품에 이용되고 있으며 스테인리스 강대는 내식성 및 비자성의 특성 때문에 전기, 전자부품이나 내식성이 요구되는 스프링에 널리 이용되고 있다.[4~6]

이와같이 주변 관련 산업의 발달과 더불어 점차 박판 스프링의 용도가 널리 확대되고 있는 시점에서 국내의 경우 박판 스프링의 국산화 및 사용환경을 고려한 특성 평가에 대한 자료는 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국산 박판 스프링용 재료의 사용온도 및 하중조건하에서의 이들 특성값의 데이터 베이스화를 위한 계통적인 연구의 일환으로 먼저 탄소공구강재인 SK4M재에 대하여 평가 실험을 행하였다.

2. 실험재료 및 실험방법

2.1 실험재료

본 실험에서 사용한 박판 스프링 재료는 860℃에서 기름 담금질 후 400℃에서 뜨임처리한 탄소공구강재인 SK4M이고 Table 1.은 화학성분을 나타낸 것이다.

Table 1. Chemical compositions of specimen

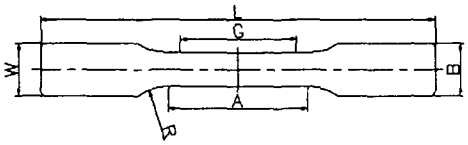
Material	Thickness (mm)	Compositon (%)						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
SK4M	0.381	1.00	0.26	0.42	0.010	0.007	0.144	0.105

2.2 경도실험방법

본 실험 재료는 0.381㎜의 박판이므로 경도값의 측정은 시험편을 마운팅 한 후, 미소 비커어스 경도계[Mo del Future Tech. FM-7]를 사용하여 100g, 200 g, 300g의 3종류의 시험하중 조건에서 측정한 후, 시험하중의 영향을 비교하였다. 이 때 측정회수는 각각의 시험하중에서 10회 실시하였다.[2]

2.3 인장시험편 및 인장실험방법

인장시험편의 규격 및 형상은 Fig. 1과 같고, 시험편의 동일 규격화를 위하여 금형을 제작하여 프레스에서 블랭킹 가공을 하였다.



W=12.5(㎜) A=60(㎜)
B=20(㎜) R=25(㎜) T=0.381(㎜)
G=50(㎜) L=170(㎜)

Fig. 1 Geometry of tensile test specimen

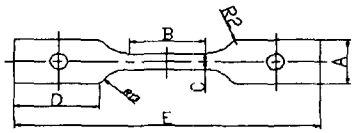
인장시험은 가열챔버[Model SF868E]가 부착된 Instron 인장시험기[Model 8516]를 이용하였고, 시험속도는 10㎜/min로 하였다.

이때 시험온도는 상온(20℃)과 50℃, 80℃, 120℃, 160℃의 5종류를 선정하였다.[2]

한편 상온에서의 탄성계수의 측정은 시험편의 평행부에 스트레인게이지를 부착한 후 실험하였다.

2.4 크리프시험편 및 크리프실험방법

크리프 시험편의 형상과 규격은 Fig. 2와 같고, 시험편의 동일한 규격화를 위하여 금형을 제작하여 프레스에서 블랭킹 가공을 하였다. 크리프 시험은 가열챔버[최대온도 1000℃] 및 스트레인메타[1/1000㎜측정가능]가 부착된 크리프시험기[Model CR5000]를 이용하였다. 이때 크리프 시험은 크리프온도 80℃, 120℃, 160℃에서 크리프하중은 각각 상온 인장강도의 1/5, 1/3, 1/2로 설정한 후, 100시간 유지하는 동안의 크리프 변형률을 측정하였다.



A=20(㎜)
B=30(㎜) D=35(㎜) T=0.381(㎜)
C=7(㎜) E=120(㎜)

Fig. 2 Geometry of creep test specimen

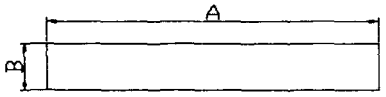
2.5 피로시험편 및 피로실험방법

피로시험은 Fig. 3의 규격과 형상을 갖는 4개의 피로시험을 Fig. 4와 같이 장착하여 구동척에서 일정 변위량(진폭) ±10㎜를 반복속도 500rpm으로 동시에 줄 수 있는 Fig. 5의 켄틸레버 Type의 기계식 피로시험기를 이용하였다.

이때 피로응력 σ는 상온 인장강도의 40~80% 범위에서 식(1)을 이용하여 Fig. 4의 외팔보 길이 l을 결정하였다.

$$\sigma = \frac{6PL}{Bh^2} = \frac{3Eh\delta}{2l^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

여기서 E:종탄성계수, h=0.381㎜, δ=10㎜이다.



A=100(㎜) B=10(㎜) T=0.381(㎜)

Fig. 3 Geometry of fatigue test specimen

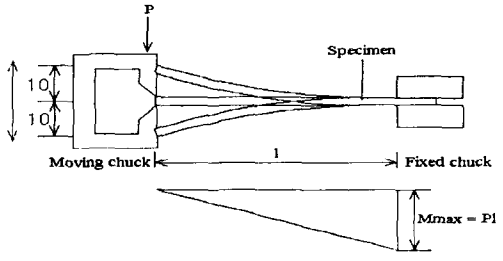


Fig. 4 Setup of the specimen for fatigue test

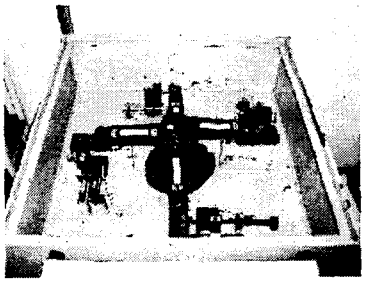


Fig. 5 Cantlever type fatigue test machine

3. 실험결과 및 고찰

3.1 경도실험결과 및 고찰

Fig. 6은 실험재료에 대한 시험하중과 경도값의 관계를 나타낸 것으로서 100~300g의 경도 시험하중에 의한 경도값의 차이는 거의 나타나지 않고 Hv=581~586의 값을 갖는다.

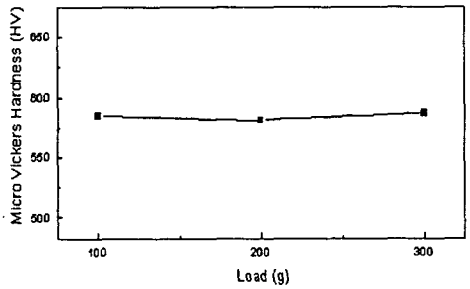


Fig. 6 The relation between Micro-vickers hardness and measuring load

3.2 인장실험결과 및 고찰

Fig. 7은 상온~160℃의 인장시험온도 범위에서 얻어진 응력-변형률 특성곡선을 나타낸 것이고, Fig. 8은 각각의 시험온도에서 얻어진 SK4M재의 탄성계수, 인장강도, 항복강도 및 연신율의 관계를 나타낸 것이다.

이 결과 탄성계수는 상온에서 20,105Kgf/㎟이고 시험온도가 증가하면 서서히 저하하여 160℃에서의 탄성계수는 상온의 약 0.92배의 크기를 갖는다. 또한 인장강도는 상온에서 187.2Kgf/㎟이고 160℃에서 상온의 약 0.97배의 크기를 갖는다. 그러나 항복강도는 상온에서 153.3Kgf/㎟이고 50℃~120℃의 시험온도 범위에서는 상온의 약 0.9배로 저하하며, 특히 160℃에서의 항복강도는 상온의 약 0.82배를 갖는다. 한편 연신율은 상온~120℃의 시험온도 범위에서 약 5.0%의 범위에서 연신율의 변화가 거의 나타나지 않지만 160℃의 온도에서는 6.5%로 약간 증가하고 있음을 볼 수 있다.

이상의 인장실험결과에서 SK4M재는 시험온도가 높을수록 탄성계수, 인장강도, 항복강도는 모두 저하하는 특징이 나타나고 있으나, 이들 성질중 항복강도의 저하정도가 가장커서 항복강도가 시험온도의 영향을 가장 크게 받고 있음을 알 수 있다.

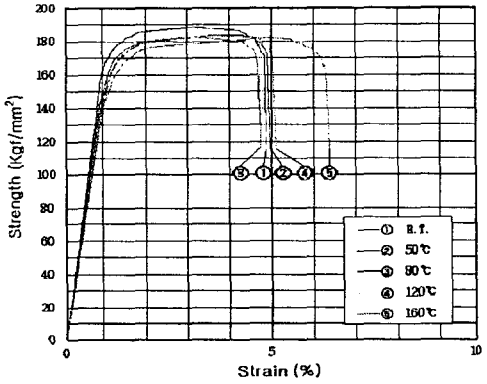


Fig. 7 The stress-strain curve under various tensile testing temperature

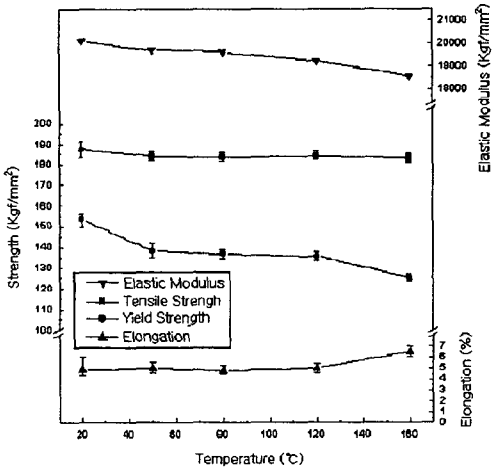


Fig. 8 The relations between mechanical properties and tensile testing temperature

3.3 크리프실험결과 및 고찰

Fig. 9는 크리프 온도 80℃, 120℃ 및 160℃에서 각각 37.4Kgf/㎟(상온 인장강도의 20%), 62.4Kgf/㎟(상온 인장강도의 33.3%) 및 93.6Kgf/㎟(상온 인장강도의 50%)의 일정한 부하 응력을 가한 후 100시간까지 시간의 경과에 따라 나타나는 크리프 변형률의 크기를 나타낸 것이고, Fig. 10은 각각의 크리프 온도에서 크리프 응력이 작용하여 100시간 경과한 후 나타난 크리프 변형률의 관계를 나타낸 것이다.

이 결과 크리프응력이 낮은 37.4Kgf/㎟에서는 크리프 온도 80℃, 120℃, 160℃의 크기에 무관하게 크리프 초기(0.184~0.196%) 및 100시간 경과후의 크리프 변형률(0.192~0.204%)이 큰 변화가 없이 거

의 일정한 값을 갖고 있으나, 크리프 응력이 큰 93.6Kgf/㎟인 경우에는 크리프 온도가 높을수록 크리프 변형률이 점점 증가하는 경향이 나타난다.

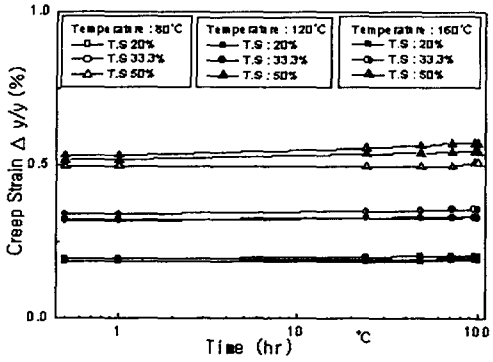


Fig. 9 The relation between creep strain and creep time

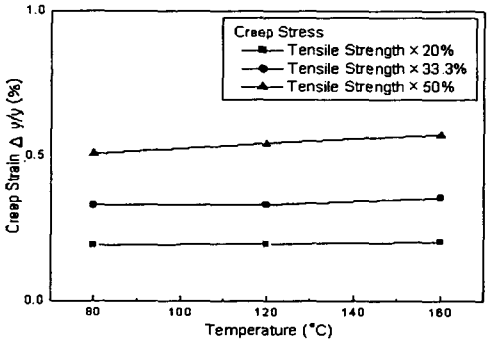


Fig. 10 The relation between creep strain and creep temperature for creep time 100hr

3.4 피로실험결과 및 고찰

Fig. 11은 SK4M재의 피로실험 결과 얻어진 S-N 곡선을 나타낸 것으로서 이때 인장강도의 약 60%인 110~112Kgf/㎟의 피로응력에서의 피로수명은 약 35000회 이고, 94Kgf/㎟의 피로응력에서는 10^7회에서도 파손이 발생하지 않았다. 따라서 본 실험에서 사용한 SK4M재의 피로한도는 상온 인장강도의 약 50%의 크기임을 알 수 있다.

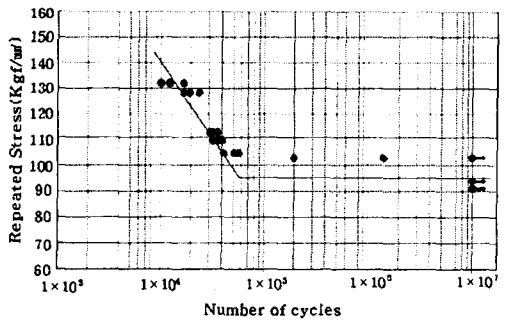


Fig. 11 S-N curve of SK4M

4. 결론

박판 스프링용 탄소공구강재(SK4M)의 시험온도(상온~160℃)에 따른 기계적 특성 실험결과 다음의 결론을 얻었다.

1. 경도실험결과 미소 비커어스의 평균 경도값은 Hv=584이다.

2. 인장실험결과 160℃의 시험온도에서 나타나는 특성값중 탄성계수는 상온의 약 0.92배 (18,570Kgf/㎟), 인장강도는 상온의 약 0.97배(182.6Kgf/㎟), 항복강도는 상온의 약 0.82배(125.3Kgf/㎟)를 갖으며 시험온도가 높을수록 이들 특성값은 점점 저하하는 특징이 있으나, 이들 성질중 항복강도가 시험온도의 영향을 가장 크게 받아 저하정도가 가장 크다.

3. 크리프 실험결과 크리프 응력이 가장 큰 93.6Kgf/㎟에서는 크리프 온도가 높을수록 크리프 변형률이 점점 증가하는 경향이 나타난다. 그러나 본 실험결과 크리프 온도(80℃~160℃)범위 및 상온 인장강도의 20~50%인 크리프 응력(37.4Kgf/㎟~93.6Kgf/㎟)에서의 크리프 초기 변형률은 0.184~0.516%이고, 100시간 경과 후의 크리프 변형률은 0.192~0.572%로서 모두 1% 미만의 크기를 갖는다.

4. 피로시험결과 피로한도는 약 94Kgf/㎟로서 상온 인장강도의 약 50%의 크기를 갖는다.

참고문헌

(1) "細線・薄板疲労特性かデータ集", ばね技術研究会, 細線・薄板疲労特性研究会, 2001.3, p1.

(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, pp. 76~102

(3) "薄板ばね", ばね技術研究会, 1975, 8

(4) 田中良平, 1994, "JIS使い方トシリズ ステンレス鋼の選び方・使い方", 日本規格協会, pp. 198~199, pp. 253~255

(5) ばね技術研究会, 2000, "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, pp.147~157

(6) ばね技術研究会, 1998, "ばね技術シリーズ ばねの種類と用途鑑",日刊工業新聞社, 東京, pp. 28~33

(7) 이항수, 오영근, "박강판의 온도변화에 따른 인장특성", 한국소성가공학회지, Vol. 10, No.2, 2001. pp. 101~110