高温用バネ材料の材質的研究 (第3報)

(SKD 6, SKD 61, SKD 5 及び SUP 9 バネ材の

西原式摩耗試験及び焼入剤の相違による焼入効果等について)

Study on the Spring Materials at High Temperature (3rd. Rep.)

堀 田 秀 次*

Hideji Hotta. Dr. Eng. Prof.

1. 緒 言

従来高温用バネ材料の材質的研究の発表されたものは少いようであるので、筆者は高温用バネ材料について既往において各種の研究発表を行ない^{11)~12)}、また本バネ論文集にも第1報¹³⁾、第2報¹⁴⁾として報告したが、今回はこれに引続き、これが第3報として高温用バネ材料として5%Cr-1%Mo-0.5%V 鋼系 (JIS. SKD 6) および5%Cr-1%Mo-1%V 鋼系 (JIS. SKD 61) の2鋼種について熱膨張試験を施行し焼入焼もどしの熱処理を施行したもののについて西原式摩耗試験を行い、また焼入剤の相違による焼入効果を調査し、従来の9%W-Cr-V 鋼系 (JIS. SKD 5), Si-Mn 鋼系 (JIS. SUP 7) およびMn-Cr 鋼系 (JIS. SUP 9) と比較検討した経過の概要について報告し御参考に供する次第である。

2. 供 試 材 料

2.1 化学成分

供試材料は第1表に示す化学成分を有する (JIS) SKD 6, SKD 61, SKD 5, SUP 7 および SUP 9 の5鋼種である。

2.2 熱処理方法

熱処理方法としては SKD 6 および SKD 61 共に900°C×30min 炉中焼なましを行い、焼入温度としてはSKD 6 は1,100°C×30min, SKD 61 は1,050°C×30min, SKD 5 は1,100°C×3min にそれぞれ油冷を行

い焼もどし温度は焼入後それぞれ400°, 500° および600°Cに30min 保熱後油焼もどしを施行し、またSUP 7 および SUP 9 では焼入温度850°C×20min 油焼入のもどし温度450°, 500° および550°Cにおおの30min 加熱後油焼もどしを行ったものを各試験に供した。熱処理はすべて酸化脱炭を防止するため弱還元雰囲気で行った。これが熱処理曲線を第1図に示す。

3. 試験の経過並びに結果

3.1 熱膨張試験

SKD 6 および SKD 61 の両鋼種はいずれも900°C×30min 炉中焼なまし後5φ×80mm の形状寸法に切削加工し、本多佐藤式熱膨張計で変態点を測定した。加熱冷却速度は10°C/3min である。

本実験の結果、SKD 6 ではAc₁822°C, Ac₃861°Cで、SKD 61 ではAc₁806°C, Ac₃851°Cで余り大差がない。SKD 6 および SKD 61 では普通の冷却曲線におけるAr₃ および Ar₁ 変態点は示さず、上記の冷却速度でもトルースタイト (Ar' 変態) およびマルテンサイト変態 (Ar'' 変態) の2段階の変態点を生じた。文献¹⁵⁾によればAr 変態点はSKD 6 で799~777°Cである。

3.2 焼入剤の相違による焼入効果

SKD 6 および SKD 61 の両鋼種はそれぞれ10φ×25mm, 15φ×40mm および20φ×50mm の形状寸法に切削加工後SKD 6 では焼入温度1,100°C×30min で

第1表 供試材料の化学成分表 (%)

鋼 種	JIS	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	V	Cu
5%Cr-1%Mo-0.5%V 鋼	SKD5	0.36	0.93	0.47	0.024	0.022	0.11	4.60	1.16	—	0.39	0.11
5%Cr-1%Mo-1%V 鋼	SKD61	0.35	0.82	0.42	0.025	0.011	—	5.25	1.10	—	1.04	—
9%W-Cr-V 鋼	SKD5	0.29	0.17	0.29	0.025	0.013	—	2.45	—	9.10	0.41	0.09
Mn-Cr 鋼	SUP9	0.52	0.30	0.72	0.010	0.010	—	0.76	—	—	—	—
Si-Mn 鋼	SUP7	0.65	1.97	0.86	0.014	0.008	0.15	—	—	—	—	0.16

* 広島工業大学教授工学博士

第1図 熱処理曲線

SKD 61 は焼入温度 1,050°C×30 min にそれぞれ保熱して、菜種油、ひまし油に、またモーター油の鉱物油に焼入れした。焼入後中心部で切断し研磨後中心より円周方向に2 mm 間隔でビッカース硬度を測定した。

本実験の結果は、第2図に試験片寸法 10φ×25 mm のもの、第3図に 15φ×40 mm のもの、第4図に 20φ×50 mm のものを示す。

SKD 6 および SKD 61 の両鋼種につき、菜種油およびひまし油の植物油に焼入れした場合の断面焼入硬度分布はいずれも断面直径が大になるに従い、硬度はやや低下するが、ひまし油の方が菜種油のそれに比して、焼入効果は大である。

モーター油の鉱物油に焼入れした場合の焼入硬度分布および焼入効果は植物油の場合と同様で、硬度は植物油に比して低い値を示す。また焼入硬度の中心の値と端の値の差は試料の大きさが大になるに従い、小となる傾向を示す。またこれらの値と SKD 5 および SUP 9 の

場合とを比較すれば試料直径 10φ×25 mm のものでは SUP 9 と SKD 5 の中間ぐらいの質量効果と断面焼入硬度値を示すが、15φ×40 mm および 20φ×50 mm になると SUP 5 と SKD 5 の試験成績より良くなる結果を示す。これは試料小なる場合含有炭素量の焼入硬度への寄与が大きく影響し、試料大なる場合は、含有合金元素の質量効果が大きく寄与するものと思われる。

3.3 西原式摩耗試験

SKD 6 および SKD 61 の両鋼種共いずれも外径 30 φ、内径 16φ、幅 8 mm に切削加工後所定の熱処理を施行した試験片2個を1組とし、西原式摩耗試験機を使用し試験条件は滑り率 20%、荷重 30 kg、回転数 800 rpm で5万回転毎累計30万回転までの摩耗量をそれぞれ測定した。

本実験の結果を第5図に示すごとく、SKD 6 および SKD 61 共に摩耗量は回転数の増加と共に概ね直線的に増大し、耐摩耗性は SKD 6 より SKD 61 の方がやや

第 5 図 SKD 6, SKD 61, SKD 5 及び SUP 9 の摩耗量と回転数との関係

写真 1 SKD 6 と SKD 61 の顕微鏡組織写真

良好である。

また焼もどし温度の影響は、両鋼種共に概ね 400°C 焼もどしのものが耐摩耗性は良好で、ついで 500°C 焼もどし 600°C 焼もどしの順に低下し差は余り顕著ではない。これらを SKD 5 および SUP 9 と比較すれば 10 万回転以後の回転数においては SKD 6 および SKD 61 の耐摩耗性は遙かに良い結果を示す。

3.4 顕微鏡試験

所定の熱処理後 SKD 6 および SKD 61 の 2 鋼種について腐食液 5 % 硝酸アルコール、倍率 400 倍で常温の顕微鏡試験を調査した結果は写真第 1 に示すごとく、焼なましのままの組織は両鋼種共 Ferrite と Pearlite で matrix 中に微細な粒状の炭化物が認められる。

焼入組織は概ね Martensite 組織で未溶解の炭化物粒が白く見られる。焼もどし組織は、焼もどし Martensite と複炭化物で、白い点は焼入時の未溶解炭化物であろうと思われる。

ことに焼もどし時の複炭化物 M_7C_3 型の析出が焼もどし 2 次硬化を起すものと思われる。

4. 結 言

上記諸実験の結果を総括すると概要次の通りである。

4.1 SKD 6 及び SKD 61 共に、ひまし油、薬種油

の方がモーター油より焼入効果大である。

4.2 SKD 61 は SKD 6 より焼入硬度稍大で SKD 5 及び SUP 9 はこれより小である。

4.3 西原式摩耗試験の結果 SKD 6 及び SKD 61 共に焼もどし温度が高くなるに従い、一般に摩耗量は増加し又一般に SKD 61, SKD 6, SKD 5, SUP の順に耐摩耗性は低下する。

参 考 文 献

- 1) 堀田秀次; 鉄と鋼 40 (1954) p. 613.
- 2) 堀田秀次; 鉄と鋼 42 (1956) p. 333.
- 3) 堀田秀次; 鉄と鋼 44 (1958) p. 38.
- 4) 堀田秀次; 鉄と鋼 47 (1956) p. 449.
- 5) 堀田秀次; 鉄と鋼 48 (1962) p. 573.
- 6) 堀田秀次; 鉄と鋼 49 (1963) p. 572.
- 7) 堀田秀次; 鉄と鋼 50 (1964) p. 652.
- 8) 堀田秀次; 鉄と鋼 51 (1965) p. 1029.
- 9) 堀田秀次; 鉄と鋼 51 (1965) p. 2062.
- 10) 堀田秀次; 鉄と鋼 52 (1966) p. 737.
- 11) 堀田秀次; 鉄と鋼 53 (1967) p. 539.
- 12) 堀田秀次; 熊本大学工学部研究報告, 第15巻 第1号 (昭 41) p. 6.
- 13) 堀田秀次; ばね論文集 第17巻 p. 41 (昭47年5月)
- 14) 堀田秀次; ばね論文集 第18巻 p. 7 (昭48年)
- 15) 日本鉄鋼協会; 日本金属学会編「鉄鋼材料便覧」(1967) 737. (丸善)