

Table 3. Maximum torsional stress
(kg/mm²) of Si-Mn steel.

Testing temperature (°C) \ Tempering temperature (°C)	Room temp.	300°	500°	600°
450°	131	129	71	30
500°	114	105	69	25
550°	106	101	44	23

[II] 9%W-Cr-V 鋼の場合、

(1) 恒温熱浴処理と硬度の関係

試料 9%W-Cr-V 鋼につき、加熱温度 1,100°C より salt bath の温度 350°, 450° および 600°C に各60mn 保熱後空冷したもののロックウェルCスケール硬度およびヴィッカーズ硬度値はいずれも一般に 350°C austemper 処理より 600°C austemper 処理の方がやや高く、450°C austemper 処理はこれらよりもやや高い傾向を示す。

(2) 常温並びに高温における振り試験

試料 9%W-Cr-V 鋼につき振り試験の結果、一般に 450° ないし 600°C austemper 処理のものが 350°C austemper 処理のものよりも常温における最大振り応力が大であるが、600°C austemper 処理のものは、500°~600°C の高温における最大振り応力がやや大である。

IV. 総 括

以上実験の結果を総括すると、概要つぎのとおりである。

(1) Si-Mn 鋼 (A), (B) (SUP7) につき熱膨張試験の結果、Ac はそれぞれ 770°~785°C および 735°~761°C である。

(2) Si-Mn 鋼 (A) につき、焼入温度それぞれ 800°, 850° および 900°C とし、焼戻温度それぞれ 450°, 500° および 550°C の場合、焼入温度の高いものほど硬度高く、また焼戻温度の高いものほど、硬度は低下する。

(3) Si-Mn 鋼 (B) の焼入温度を 811°C とし、焼戻温度を Si-Mn 鋼 (A) と概ね同様とした場合、一般に焼戻温度の低いものほど最大振り応力は大で、試験温度 500°C となるとこれが低下いちじるしく、600°C となるとさらに低下する。

(4) 9%W-Cr-V 鋼 (SKD5 類似品) を 450° ないし 600°C austemper 処理のものは、350°C austemper 処理のものより常温の最大振り応力が大であるが、600°C austemper 処理のものは、500°~600°C の高温の最大振り応力はやや大である。

(121) ばね鋼のスラック焼入組織と機械的性質の関係

三菱鋼材本社製作所

○内山道良・関不二雄・上正原和典

Relation between as Slack-Quenched Structure and Mechanical Properties of Spring Steel.

Michira UCHIYAMA, Fujio SEKI
and Kazunori KAMISHOHARA.

I. 緒 言

本報告は筆者などが行なっている熱処理ばね鋼についての一連の研究の一部であつて、機械試片の全部分を均一なソルバイト・細粒パーライト・(ベイナイト) に熱処理する条件を求めた前報の後を承けての、純粋なこれらの各組織が示すばね的な機械的性質を C 鋼・Si-Mn 鋼および Mn-Cr 鋼について比較したものである。

II. 試料および実験法

試料としては 0.86%C の SUP3, 0.61%C・1.70% Si・0.84%Mn の SUP6, 0.55%C・0.77%Mn・0.79% Cr の SUP9 および 0.53%C・0.80%Mn・0.79%Cr の SUP9 の 3 鋼種 4 種別を選び、これを用いて、対辺距離 12mm・長さ 280mm の角鋼の中央 80mm を径 10mm に旋削した振り用試片、厚さ 4mm・巾 10mm・長さ 120mm の曲げ用試片、有効部分の径を 10mm とした回転曲げ用試片、および正規の松村式繰返衝撃用試片を作製した。つぎにこれらの試片を焼入油とコールドタルとの混合割合を 100:0~35:65 に変化させた徐々に冷却効果の異なる焼入液中に焼入れ、試片の全部分を一旦均一なマルテンサイトまたは均一な細粒パーライト組織としてから、それぞれを 375~600°C の温度に焼戻してばね硬度としたものや、径 60mm・長さ 400mm の SUP9 を油焼入したものの中心部から切り出した均一なベイナイト組織の上記の試片を同様に焼戻したものを用いて、秤量 4000 kg・cm の振り試験機による振り比例限の測定、秤量 300 kg の引張り試験機による曲げ比例限の測定、小野式回転曲げ試験機による疲労強度の測定、松村式繰返衝撃試験機による繰返衝撃強度の測定、その他を行なつた。

III. 実験結果

おもな実験結果をまとめるとつぎのごとくである。すなわち、Table 1 は各試片の焼入硬度、Table 2 は試片の焼戻硬度と振り強度との関係、Table 3 は試片の焼戻硬度と曲げ強度との関係、Table 4 はばね硬度における

試片の疲労強度, Table 5 はばね硬度における試片の繰返衝撃強度であるが, これらによれば従来不完全焼入・降伏比などの概念から不良組織の一種に数えられていた細粒パーライト・(ベイナイト)は, ばね鋼殊に Mn-Cr 鋼の場合において実質上ソルバイト組織と同一性能のも

Table 1 As-quenched hardness of test pieces.

Kind of specimens	Hardness (Hv)	C steel		Si-Mn steel		Mn-Cr steel	
		M	P	M	P	M	P
For twisting	Max.	775	457	757	465	769	459
	Min.	695	393	705	377	690	385
For bending	Max.	769	462	757	476	757	467
	Min.	715	406	700	383	700	383
For fatigue	Max.	741	413	746	441	736	449
	Min.	700	400	715	409	700	385
For repeated impacts	Max.	730	418	736	427	746	427
	Min.	695	398	705	400	720	404

Remarks: M=Quenched to martensite.
P=Quenched to fine pearlite.

Table 2. Relation between torque and hardness of spring steel.

As-tempered hardness (Hv)	Torque (kg·cm)	C steel		Si-Mn steel		Mn-Cr steel	
		M	P	M	P	M	P
350	Max.	1550	1360	1500	1310	1540	1360
	Min.	1240	1120	1310	1120	1360	1170
400	Max.	1870	1650	1820	1590	1850	1640
	Min.	1500	1370	1590	1370	1640	1430
450	Max.	2180	1930	2130	1870	2150	1920
	Min.	1760	1640	1870	1620	1920	1680

Remarks: M=Quenched to martensite.
P=Quenched to fine pearlite.
Size of the effective part of the test piece=10φ×80mm.

Table 5. Repeated impact strength of spring steel tempered to spring hardness.

Kind of steels	Micro-structure as quenched	Hardness after tempering (Hv)	Repeated number of impact (N) at		
			50 kg·cm	30 kg·cm	10 kg·cm
C steel	M	391~400	$1.9 \times 10^2 \sim 9.7 \times 10^2$	$9.0 \times 10^2 \sim 4.7 \times 10^3$	$2.8 \times 10^4 \sim 1.5 \times 10^5$
	P	396~406	〃	〃	〃
Si-Mn steel	M	398~409	$1.4 \times 10^2 \sim 6.6 \times 10^2$	$6.1 \times 10^2 \sim 3.2 \times 10^3$	$2.0 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^5$
	P	396~411	〃	〃	〃
Mn-Cr steel	M	402~413	$4.5 \times 10^2 \sim 2.2 \times 10^3$	$2.4 \times 10^3 \sim 1.2 \times 10^4$	$9.0 \times 10^4 \sim 4.8 \times 10^5$
	P	398~409	〃	〃	〃
	B	400~409	〃	〃	〃

Remarks: Type of impacts=Matsumura type repeated impact bending.

のであることがわかる. ただし, 実験個々の細部においては鋼種と組織がそれぞれ特徴ある性質を示すことも明らかに認められた.

IV. 結 言

鋼の機械的性質におよぼす完全焼入および不完全焼入

Table 3. Relation between load and hardness of spring steel.

As-tempered hardness (Hv)	Load (kg)	C steel		Si-Mn steel		Mn-Cr steel		
		M	P	M	P	M	P	B
350	Max.	111	100	111	104	111	111	111
	Min.	100	85	96	89	96	96	96
400	Max.	133	118	134	126	134	134	134
	Min.	118	104	113	109	117	117	117
450	Max.	155	139	157	148	156	156	156
	Min.	139	121	139	132	137	137	137

Remarks: B=Quenched to bainite.

Size of the test piece=4×10×120mm.

Supporting span=99.6mm.

Table 4. Fatigue strength of spring steel tempered to spring hardness.

Kind of steels	Micro-structure as quenched	Hardness after tempering (Hv)	Fatigue strength (kg/mm ²) at		
			N=10 ⁵	N=10 ⁶	N=10 ⁷
C steel	M	368~379	67.5	54.5	51.0
	P	385~396	61.0	53.0	53.0
Si-Mn steel	M	402~413	76.5	56.0	56.0
	P	413~425	79.0	59.5	55.0
Mn-Cr steel	M	381~398	74.0	54.5	54.5
	P	371~381	73.5	58.5	55.0
	B	404~315	76.5	65.5	58.5

Remarks: Type of loading=rotary-bending.

Dia. of the test piece=10mm.

の影響に対しては賛否についていろいろの論議があるが^{1)~6)}、筆者らは Slack quenching を行なつたばね鋼をおもな対象としたこれらの実験結果に基づいて、質量効果を伴わないような小型ばね並みの設計応力の下における超大型ばね (たとえば 100×25mm の平鋼, 径 63mm の丸鋼などを使用するもの) を完成している。

文 献

- 1) W. CRAFTS, J. L. LAMONT: Hardenability and steel selection (1949) 190
- 2) J. H. HOLLLOMON, L. D. JAFFE, D. E. MCCARTHY, M. R. NORTON: Trans. A. S. M. Vol. 38 (1947) 807
- 3) F. BORIK, R. D. CHAPMAN, W. E. JOMINY: Trans. A. S. M. Vol. 50 (1958) 242
- 4) H. E. FRANKEL, J. A. BENNETT, W. A. RENNINGTON: Trans. A. S. M. Vol. 52 (1960) 257
- 5) SAE Handbook (1960) 98
- 6) G. E. DIETER, R. F. MEHL, G. T. HORNE: Trans. A. S. M. Vol. 47 (1955) 423

(122) Mn-Cr バネ鋼の焼戻性について

金属材料技術研究所

工博 上野 学・内山 郁・○星野明彦

Temperability of Mn-Cr Spring Steel.

Dr. Manabu UENO, Iku UCHIYAMA and Akihiko HOSHINO.

I. 緒 言

現在バネとして必要な性質を得るためにバネ鋼は焼入焼戻処理が施されている。そしてバネ硬度が基準におかれてバネが設計されている。それで焼入後焼戻処理による硬度変化と組織との関係および硬度と機械的性質の関係を明らかにすることはバネ設計の上で重要なことであるので本報告では Mn-Cr 鋼の焼戻性について報告する。

II. 試材および実験方法

実験に用いた Mn-Cr バネ鋼の化学組成を Table 1 に示す。

Table 1. Chemical composition of the steel used.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
0.54	0.25	0.88	0.010	0.013	0.85	0.08	0.19

(1) 焼戻硬度曲線 焼戻時における硬度変化を求めるために 17mmφ の丸棒より 10×10×5 の試片を削出し、塩浴炉中で 850°C×30mn のオーステナイト化加熱後油焼入して焼入硬度 63.0 (HRC) とした試片を焼戻用に供した。

焼戻温度は 300°C より 50°C 間隔に 700°C までとし、また焼戻時間も 1mn より 6000mn (100h) まで塩浴中に浸漬して行なつた。

(2) 機械的性質 300~700°C の間の 9 段階の各温度でそれぞれ 1h の焼戻加熱後水冷した試験片について引張試験・衝撃試験・両振振り疲労試験などを行なつた。引張試験片としては d=7mm の JIS 2号規格のものを用い、降伏点は応力-歪曲線より 0.2% 伸びの点から求められた。衝撃試験は U ノッチ曲げ衝撃および引張衝撃試験 (d=6mm) を行なつた。振り疲労試験は d=6mm の平滑試験片についてそれぞれの S-N 曲線より疲労限界を求めた。

(3) 組織観察 前述の焼戻硬度曲線の実験に用いた試片について光学顕微鏡観察を行なうほかに carbon extraction replica 法による電子顕微鏡観察を行ない組織変化について検討した。

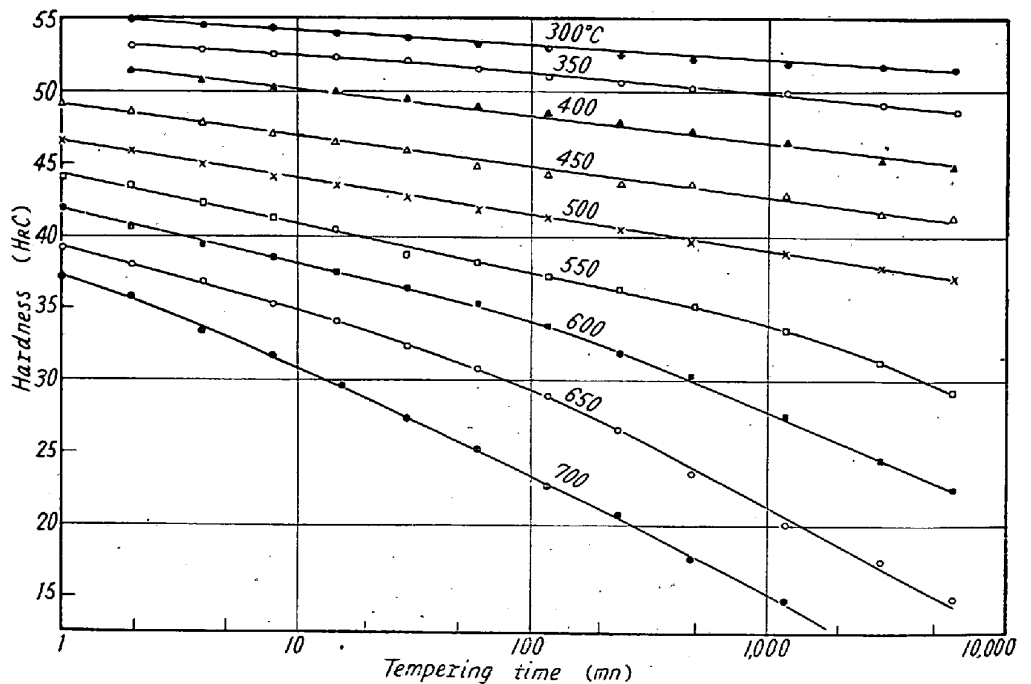


Fig. 1. Hardness changes during tempering.