

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 17mm φ 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。

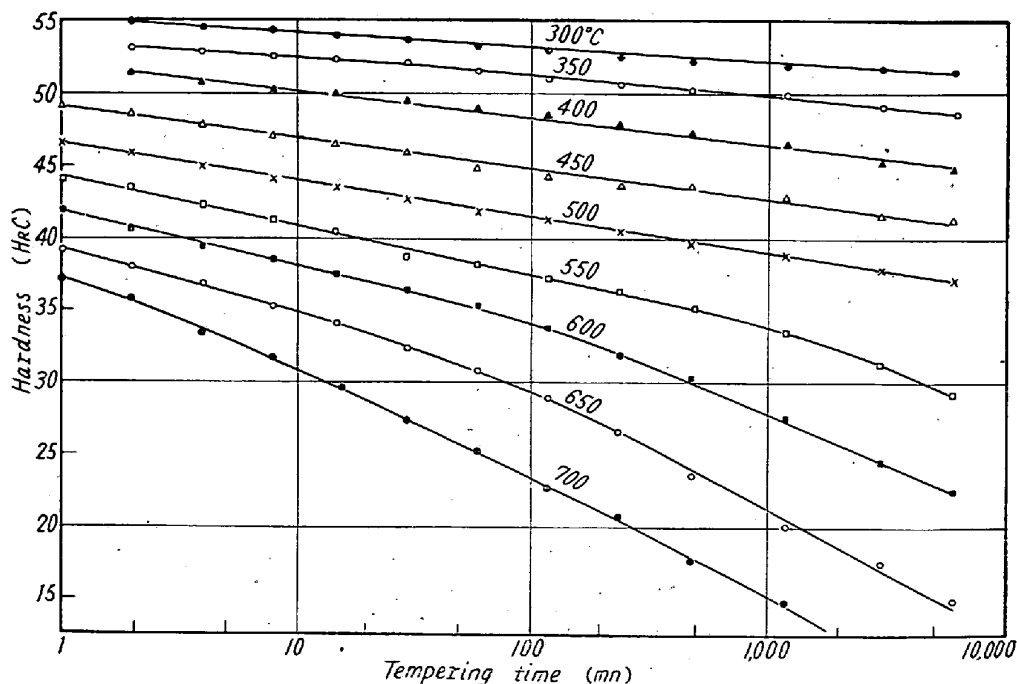


Fig. 1. Hardness changes during tempering.

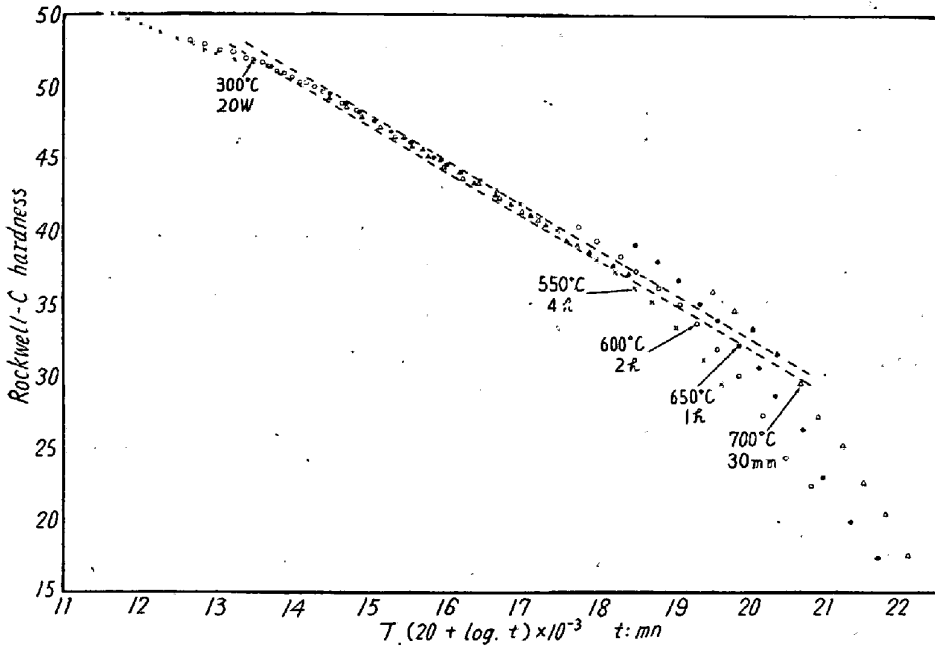


Fig. 2. Hardness change during tempering.

III. 実 験 結 果

(1) 焼戻硬度曲線 焼入硬度 63.0 (HRC)の試片の焼戻処理による硬度変化を Fig. 1 に示したが、300~500°Cの間では硬度 HRC は $\log t$ (t : 焼戻時間 mn)の一次式で表わすことが可能であるが、焼戻温度が 550

°C 以上となれば長時間側で軟化が急速化し、焼戻温度の上昇によりその位置は短時間側に寄る。このように焼戻硬度は温度・時間が因子であるので HOLLOWON, JAFFE¹⁾による tempering parameter, $T(c + \log t)$ を導入して硬度との関係を示したのが Fig. 2 であるが、この式での c は焼戻抵抗を指す焼戻定数で焼戻硬度曲線の HRC 35~50 の範囲では 20 と算出された。そこで、Fig. 2 には $T(20 + \log t)$ を函数として描いたが 300°C での焼戻および 550°C 4h 以上の焼戻の場合にはこの関係を満足しなくなる。しかし、tempering parameter が 18,000

までの温度 (°K) と時間 (mn) の組合せの場合には適当である。

(2) 機械的性質 300~700°C の間の各温度で 1h の焼戻加熱によつて得られた機械的性質を Fig. 3 に示し、ついで、硬度を函数としたのを Fig. 4 に呈示した。

硬度変化は 600°C までは温度上昇により直線的に下

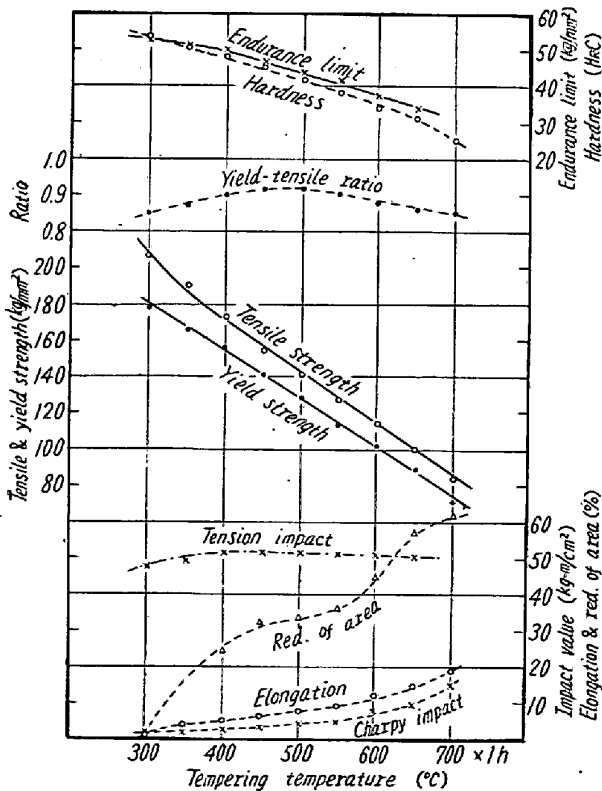


Fig. 3. Relationship between mechanical properties and tempering temperature.

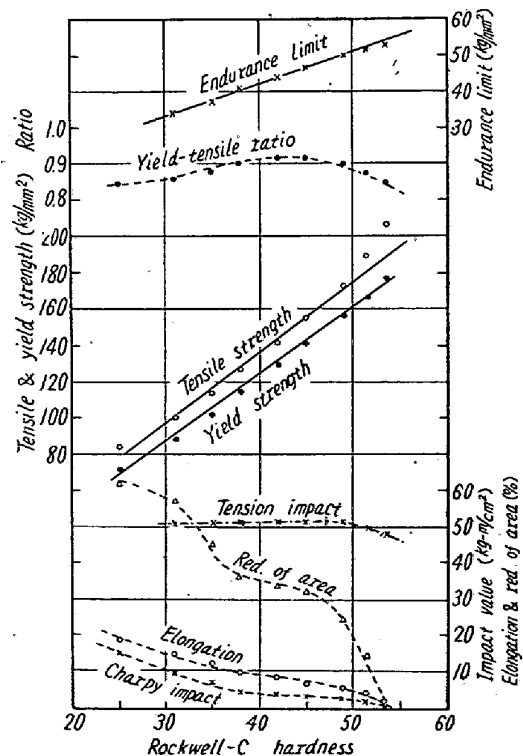


Fig. 4. Relationship between hardness and other mechanical properties.

降するがそれ以上では減少がやや速くなる。

引張強度は直線的に減少するが、硬度との関係では HRC 50 以上の場合にはやや高い値が得られているが、降伏強度はほぼ比例している。降伏比は低硬度部では炭化物の凝集などの原因より低くなっているが、450~500°C の間で最良の結果が得られる。しかし高硬度域では降伏比はふたたび低下が見られるのである。疲労限については 400~650°C の間では比例しているが HRC 50 以上ではやや低下してくる。これは疲労破面が脆性破面を示すことにも原因があると思われる。靱性に関しては伸率・断面収縮率で示されるように 300°C 焼戻では脆性を示しているが焼戻温度上昇にしたがいに靱性を増すが、断面収縮率では増加は直線的でなく 450~550°C で一旦その増加度が緩慢となりその後はふたたび急速に増す。衝撃抵抗値も伸率と同様な変化をすることが Fig.3,4 から明らかであるが、衝撃荷重を軸方向に作用させる引張衝撃試験では焼戻の影響は顕著に現われておらず、また曲げ衝撃値に比してその抵抗力はかなり大きいことが分る。

(3) 組織観察 焼入マルテンサイト組織では炭素原子が過飽和に固溶されているために硬度は高いが、靱性は得られない。しかし焼戻処理により過飽和炭素を炭化

物として格子内より析出させるため組織変化が観察され、それに応じて機械的性質も変化していることが分る。Photo. 1a は 300°C×1h の焼戻を行なったときの組織でマルテンサイト粒界に沿って carbide film が析出しているが、このような析出状態では衝撃値はあまり良好でないことが IRVINE²⁾ も指摘している。焼戻温度が上昇するに伴って析出物も多くなり、また carbide film も観察されなくなる (Photo. 1b)。こうしてマルテンサイトより炭化物が析出するにしたがって硬度・引張強度などは低下するが、結晶歪の消失および炭化物の形態変化にしたがって靱性は増大して行く。しかし乍ら 500°C 以上の焼戻では Cr, Mn の炭化物形成元素の炭化物中への移動拡散が起り、また炭化物の凝集も起り始める。Photo. 1c は 500°C 1h 焼戻の場合であるが、600°C (Photo. 1d), 700°C (Photo. 1e) となるにしたがって炭化物の凝集していることが明らかで、それに伴ってそれぞれ機械的性質も変化する。Photo. 1f は 700°C 25h 焼戻を施した場合で炭化物粒の成長はいちじるしくまた matrix 中より Cr, Mn が移動し硬度は一層減少し、また写真に見られる ferrite の粒界は再結晶によるものと思われ、この現象も軟化を大いに促進しているようである。結局、最良の降伏比を得る温度は 450~500°C で多数の炭化物析出があり、炭化物凝集の開始以前であると考えられる。

文 献

- 1) J. H. HOLLLOMON & L. D. JAFFE: Trans. A. I. M. E., 162 (1945) 223~249
- 2) K. J. IRVINE, F. B. PICKERING & J. GASTON: J. Iron & Steel Inst., 196 (1960) 66~81

(123) 中炭素鋼におよぼす微量 Ti の影響

日本鋼管技術研究所

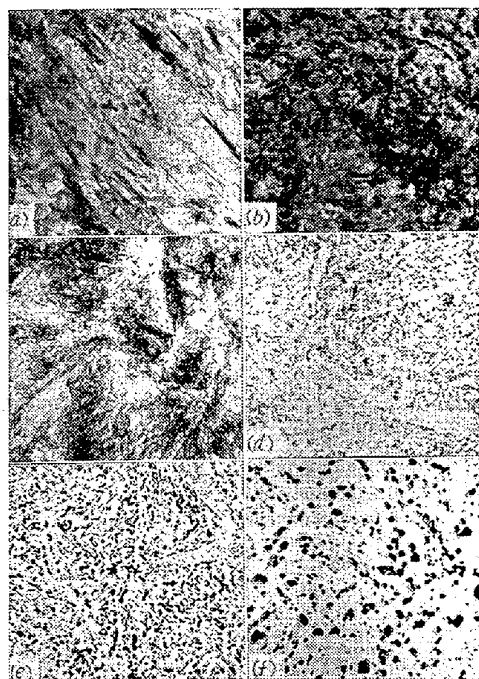
天明玄之輔・○水野 直彦

Effect of Small Quantities of Titanium on Medium-Carbon Steel.

Gennosuke TEMMYO and Naohiko MIZUNO.

I. 緒 言

少量の Ti を添加することによる炭素鋼の生産性の向上と鋼質の改善の可能性を検討する目的で、中炭素鋼に Ti を 0.04~0.16% 添加してマクロ組織、ミクロ組織、非金属介在物、機械的性質、熱間加工性、焼入性などにおよぼす影響を調査した。



- a) 300°C×1h (×10,000) (1/2)
 b) 500°C×1h (×10,000)
 c) 500°C×1h (×2,000)
 d) 600°C×1h (×2,000)
 e) 700°C×1h (×2,000)
 f) 700°C×25h (×2,000)

Photo. 1. Electron micrograph of as-tempered specimens.