

る。すなわちサブゼロ処理を行つたものはいずれも耐摩耗性が向上し QST がもつとも効果のある成績をしめした。QST は 3 種の中でもつとも硬度が高くやはり耐摩耗性との密接な関係を示唆しているように考えられる。

(3) 抗折力

各試料 (10mm φ × 100mm l) に対し支点間距離 80 mm の条件で抗折試験を行い、破断荷量、撓みおよび破断に要した吸収エネルギーを測定し比較検討した。その結果各試料を通じどの測定値も QT と QTST とは大差なく、QST はこれらより若干低い成績をしめした。このように抗折力の大小は硬度の大小とまったく逆の関係が認められ、焼入後のサブゼロ処理は抗折力を若干低下せしめるように思われる。

(4) 耐久性

試各料の QT, QST, QTST 3 種に対し、松村式繰返衝撃試験機およびシエンク式繰返曲げ試験により耐久試験を行つた。その結果繰返衝撃耐久力および繰返曲げ疲労強度に対し、サブゼロ処理の影響はほとんど認められなかつた。

なお SK5 および SKS3 の試料に対し焼入による残留オーステナイトを X 線分析で定量した結果によれば、前者は 13%、後者は 16% をしめし、サブゼロ処理によればこれを半量以下に減少させられることも確認された。またその間の組織的变化を電子顕微鏡的に観察できた。Fig. 3 は試料 SK5 の焼入後の組織と焼入・サブゼロ処

理・焼戻を施したものの組織の一例をしめしたものである。

IV. 総 括

炭素工具鋼および合金工具鋼の機械的性質におよぼすサブゼロ処理の影響に関し実験検討しつぎの結果を得た。

(1) 焼入・サブゼロ処理・焼戻を施したものは普通の焼入・焼戻を行つたものに比し、硬度および耐摩耗性が向上する。また繰返衝撃耐久力や繰返曲げ疲労強度は大差なく、抗折力は若干低下する。

(2) 焼入・焼戻後サブゼロ処理したものは機械的性質におよぼすサブゼロ処理の効果がほとんど認められない。

(3) 炭素工具鋼および合金工具鋼に対するサブゼロ処理法としては焼入・サブゼロ処理・焼戻の組合せ条件が最適であり、耐摩耗性を主眼とする鋼種への適用が効果的である。

(85) ばね鋼の選定に関する一考察

A Contribution to the Selection of Spring Steels

Y. Yamaki.

三菱鋼材管理課 工〇八 巻 雄 三

I. 緒 言

従来ばね鋼を選定する方法は、熱処理後そのばねが、ばねに必要な機械的性質をしめすようになるかいなかを、個々に調べるに止まつていたが、最近のように、ばねの熱処理が連続作業となつてくると、素材が変わるとに熱処理温度を変更することは不可能になり、一定温度に保つた炉中を通り過ぎて熱処理を行つても、目的通りの Spring-Hardness のばねをつねに得られるような鋼を、ばね鋼として選ぶ必要が生ずる。さらにすすんでは、このときの温度範囲ができるだけ広い鋼を選ぶほど、ばねの品質を安定させることは容易となり、工業的な意味で、使いやすいばね鋼を得られることになる。

筆者は、この点に関し、統計的側面から考察し、実用的な計算図表を求め得たので、これを報告する。

II. 一般的考察

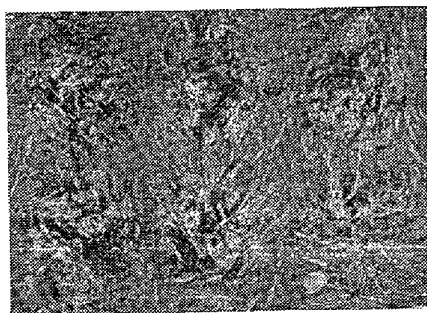
焼戻後の硬さ x を確率変数、焼戻温度 t を指定変数とし、 x の確率密度函数を $f(x)$ 、その母平均 μ_t 、母分散 σ_t^2 は有限確定かつ t の函数として、

$$\mu_t = \phi(t), \quad \sigma_t = \varphi(t) \dots \dots \dots (1)$$

とする。すると $f(x)$ は t の函数となる。



a) Q ×6000 (2/3)



b) QST ×6000 (2/3)

Fig. 3. Electron micrograph of sample SK5.

x が区間 $[X_1, X_2]$ に入る割合, $F(X_1 \leq x \leq X_2)$ を合格率とよぶと, $f(x)$ は t の函数であるから, 合格率も t の函数として,

$$\phi(t) = F(X_1 \leq x \leq X_2) = \int_{X_1}^{X_2} f(x) dx \dots\dots(2)$$

と書ける.

与えられた合格率を p_0 とすると, p_0 に対し

$$\phi(t) \geq p_0 \dots\dots\dots(3)$$

を満足する t の範囲が存在すれば, これが求める範囲を与える.

III. 正規分布の場合

(3) 式から t の範囲を求めることは, 解析的には一般に困難であるので, x が正規分布にしたがい, 母分散 σ^2 は t に無関係であるとして考察する. x は正規分布にしたがうから,

$$\begin{aligned} \phi(t) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{X_1}^{X_2} e^{-\{x-\phi(t)\}^2/2\sigma^2} dx \\ &= 1 - \left\{ \int_{-\infty}^{X_1} + \int_{X_2}^{\infty} \right\} \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

標準化すると,

$$\begin{aligned} \phi(t) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-k_1}^{k_2} e^{-u^2/2} du \\ &= 1 - \left\{ \int_{-\infty}^{-k_1} + \int_{k_2}^{\infty} \right\} \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

ただし, $k_1 = \{\phi(t) - X_1\}/\sigma$, $k_2 = \{X_2 - \phi(t)\}/\sigma$,

$$k = k_1 + k_2 = \frac{X_2 - X_1}{\sigma} \dots\dots\dots(6)$$

焼戻曲線は, 求める範囲内では直線と見做せるから,

$$\phi(t) = \beta_0 + \beta_1 t, (\beta_1 < 0) \dots\dots\dots(7)$$

$$\begin{aligned} \therefore \phi(t) &= 1 - [\Phi\{-\frac{\beta_0 + \beta_1 t - X_1}{\sigma}\} \\ &+ \Phi\{\frac{X_2 - \beta_0 - \beta_1 t}{\sigma}\}] \dots\dots\dots(8) \end{aligned}$$

(8) 式の $\phi(t)$ を追跡すると,

(1) $t_0 = (X_2 + X_1)/2\beta_1 - \beta_0/\beta_1$ で極大となる. 極値は $\phi(t_0) = 1 - 2\Phi(k/2)$

(2) $t_1 = (X_1 - \beta_0)/\beta_1$, $t_2 = (X_2 - \beta_0)/\beta_1$ は変曲点である. $\phi(t_1) = \phi(t_2) = 0.5 - \Phi(k)$.

(3) t 軸は漸近線.

(4) $t = t_0$ に関して対称.

よつて, 与えられた p_0 に対し,

$$\phi(t_0) = 1 - 2\Phi(k/2) > p_0 \dots\dots\dots(9)$$

のとき, $\phi(t) = p_0$ の 2 根を T_1, T_2 とすると, T_1, T_2 間で $\phi(t) > p_0$ であるから, T_1, T_2 は求める範囲を与える. $X_2 - X_1$ が与えられているときには, (6) 式より σ

が小になると k は大になる. よつて, T_1, T_2 を得るには, σ はある値以下でなければならない.

変曲点が接近すると T_1, T_2 も接近するから, $t_2 - t_1$ は範囲の大きさを与える.

$$h = t_2 - t_1 = \frac{X_2 - X_1}{\beta_1} \dots\dots\dots(10)$$

とすると, 絶対値で考え焼戻曲線の傾斜が小なほど, 温度範囲は広がる. $\phi(t)$ の形を Fig. 1 にあげる.

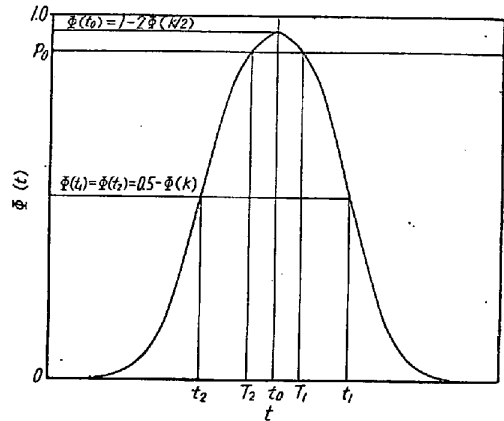


Fig. 1. Schematic figure of $\phi(t)$.

IV. 計算図表

前節の結果を計算図表に作るために, $\phi(t_0) > p_0$ なる p_0 に関し,

$$\phi(t) = 1 - \{\Phi(-k_1) + \Phi(k_2)\} = p_0 \dots\dots\dots(11)$$

として, 正規分布表より k_1, k_2 を求める, p_0, k を与えれば, これは一意的に定まる.

$\tau = t - t_0$, $\xi = \mu_t - (X_1 + X_2)/2$ と座標を変換し, k_1, k_2 および τ, ξ の関係を求めると,

$$k_1 = \frac{\beta_1}{\sigma} \tau + \frac{k}{2} = \frac{k}{h} \tau + \frac{k}{2} \dots\dots\dots(12)$$

$$k_2 = \frac{k}{2} - \frac{\beta_1}{\sigma} \tau = \frac{k}{2} - \frac{k}{h} \tau \dots\dots\dots(13)$$

$k = k_1 + k_2$ を使つて整理すると,

$$\tau = \left(\frac{k_1}{k_1 + k_2} - \frac{1}{2} \right) h \dots\dots\dots(14)$$

p_0, k を与えると, τ と h は直線関係になる. これをたとえば $p_0 = 0.95$ とし k について求めたものが, Fig. 2 である.

V. 実 例

鉄鋼協会編: 鋼の熱処理 (1957), 図 6-1 から図 6-4 より, 各種ばね鋼の焼戻曲線の方程式を求めると, 200°C ~ 600°C で

SUP 3: $\mu_t = 723.8 - 0.767 t$

SUP 6: $\mu_t = 776.6 - 0.784 t$

Cr-V 鋼: $\mu_t = 739.8 - 0.766 t$

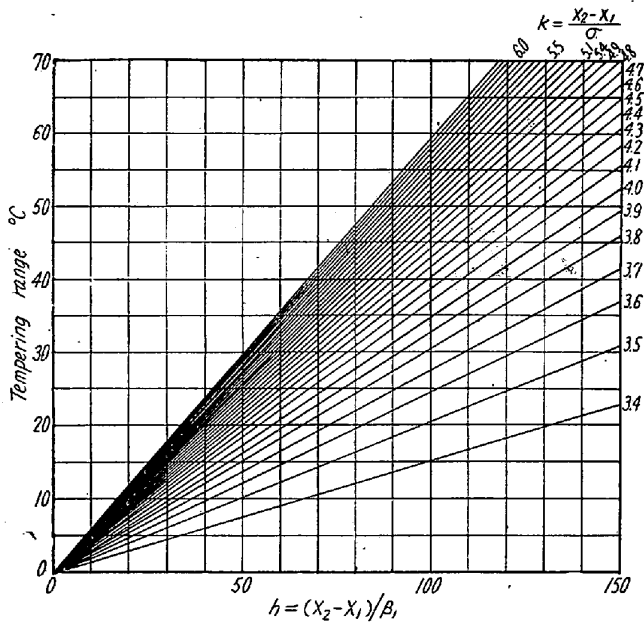


Fig. 2. Diagram to obtain tempering range.

Mn-Cr鋼: $\mu_t = 730 \cdot 4 - 0 \cdot 720 t$

ばね用硬さは, SUP 3 で $X_1 = 341$, $X_2 = 401$, その他の鋼種で, $X_1 = 363$, $X_2 = 429$ であるから, h は,

SUP 3: $h = 78 \cdot 2$

SUP 6: $h = 84 \cdot 2$

Cr-V: $h = 86 \cdot 2$

Mn-Cr: $h = 91 \cdot 7$

σ , バネ技術研究会資料などを総合すると, ブリネル硬さで, 10, 12, 15 の3段階を考えれば十分であるから, k は,

SUP 3 $k = 6 \cdot 0, 5 \cdot 0, 4 \cdot 0$

その他 $k = 6 \cdot 6, 5 \cdot 5, 4 \cdot 4$

これらの h, k と Fig.2 より, 温度範囲は, $p_0 = 0 \cdot 95$ として, Table 1 となる.

Table 1. Tempering range of spring steels. ($^{\circ}\text{C}$, $p_0 = 0 \cdot 95$)

Steels	Standard deviation of hardness (H_B)		
	$\sigma = 10$	$\sigma = 12$	$\sigma = 15$
SUP 3	34.5	26.6	12.7
SUP 6	42	33.7	19.8
Cr-V	43	34.5	20.4
Mn-Cr	46	36.8	24.0

VI. 結 言

以上の考察の結果, ばね用硬さに対する焼戻温度範囲に影響する因子は, 硬さの変動 σ と, 焼戻曲線の傾斜 β_1 であることがわかった. そして現用のばね鋼では, Table 1 に見られるように, 実用上十分な温度範囲を求

めることができた. (なお多くの実験例について会場で説明する.)

ひるがえつて, 新たにばね鋼を選定するに際しては, この温度範囲が広ければ広いほど, 作業の安定性が増し品質は安定するから, 焼戻曲線の傾斜が鋼種により変化するなら, 傾斜の小さい鋼種を選定すべきである. またもしこの傾斜が鋼種によりあまり変化しないときには, σ を小さく安定させやすい鋼種をとるべきである.

この問題はいい方を変えると; ばね用硬さを決めるときには, 従来のような弾性限・疲労限に対すると同様に以上のべてきた関係をも十分に考慮せねばならないことをしめしている. この考慮を怠ると, 実用的な温度範囲を求めがたい場合に逢着するであろう.

(86) Si-Mn-Cr ばね鋼の焼入性および機械的性質について

(Si-Mn-Cr ばね鋼の研究—I)

Hardenability and Mechanical Properties of Si-Mn-Cr Spring Steel

(Research on the Si-Mn-Cr spring steel—I).

T. Miyagawa, et alius.

愛知製鋼

工 荒川 武二・工〇宮川 哲夫

I. 緒 言

わが国の自動車用ばね鋼として, 従来 Si-Mn 鋼が一般に用いられていることは衆知の通りで, 就中 0.6% C 1.65% Si, 0.85% Mn 鋼 (JIS-SUP 6) が大部分をしめている.

しかしながら近年車両の大形化につれて, ばね用鋼材も次第に寸法の大きなものを使用するようになり, ばね鋼の焼入性が問題となつてきた. すなわち, 断面積の大きな鋼材を焼入する際, その質量効果のため中心部まで十分硬化せず, したがつて所期の機械的性質を得ることが困難な場合が生ずるようになった. このため大形のばねに対しては, 米国などでは Si-Mn-Cr 鋼あるいは Cr-Mn-B 鋼を使用し, わが国においても Cr-Mn 鋼, あるいは Cr-Mn-B 鋼などが使用されるようになった.

当社においても, さきに Si-Mn 鋼におよぼす Cr の影響について調査し, その有効なことを確認したが, 今回さらに SUP 6 の基本組成に Cr 0.4% を添加した Si-Mn-Cr 鋼について, 焼入性, 機械的性質, 疲労強度などの諸性質を調べたのでその結果につき報告する.

II. 供 試 材

0.6% C, 1.65% Si, 0.85% Mn, 0.4% Cr の Si-