

(55) 軸受鋼の研究 (V)

(炭化物のオーステナイトへの固溶について)

Studies on Ball Bearing Steels (V)

(Solution of the Carbide into Austenite)

Manabu Ueno, et alius

工業技術院機械試験所 O上野学
中野泰

I. 緒言

筆者は先に軸受の寿命は炭化物の量¹⁾と可成り関係があり、又炭化物は焼入温度の変化に対して国内の軸受鋼では著しく固溶速度²⁾を異にすると報告した。軸受鋼の熱処理に当つては炭化物をオーステナイト中に固溶させて地の炭素量を増して硬化させるのであるから、この炭化物のオーステナイトへの固溶速度が問題となつて来る。

E. C. Bain³⁾によれば、1.02% C 鋼を 870°C に保持したときに、炭化物のオーステナイトの固溶速度を測定した結果、炭化物が大体平衡値にまで固溶するに 1/2 h 以上を要している。この結果は電解分離によつて得られたものである。小門⁴⁾は蓄音機用ゼンマイ材料について研究し、0.9% C の炭素鋼では炭化物が完全にオーステナイトに溶込むには 800°C では 2 h, 850°C では 20 mn, 900°C では 5 mn 前後を要すると報告している。又、明大の川口教授⁵⁾は炭化物の固溶は拡散現象と考えて、19 mmφ×60 mm の過共析鋼に 0.5 mm 厚さの鉄メッキをつけて、真空中で 1 h 加熱して拡散を行い、各温度の拡散恒数を求めて、炭化物の形状による拡散程度の差異を報告している。

然し、以上の研究は炭化物の固溶速度の途中の経過を直接的に定量的に求めたものでないので、我々はその点を解明すべく実験を行った。即ち本研究では軸受鋼の球状化セメンタイトが加熱温度と保持時間の変化と共に如何に挙動するかを報告する。

II. 実験試料及実験方法

実験に供した試料は SKF のパイプ材と国内のパイプ材で、その化学組成は Table 1 に示す。

Table 1. Chemical composition.

	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Ni %	Cr %	Cu %	V %	N %
SKF tube	1.02	0.29	0.31	0.025	0.019	tr	1.47	0.03	0.06	0.0027
Home made tube	1.03	0.29	0.41	0.016	0.009	0.06	1.38	0.14	—	—

上記2種の軸受鋼種のパイプ材より 10 mm×10 mm×1.5 mm の寸法の試料を削り出して多数の試料を用意し、800°C, 820°C, 840°C, 860°C に保持した鉛浴中に試料を入れて、保持時間を変えた試料を作り、この試料を研磨した後にピクリン酸でエッチし、1200 倍の顕微鏡下で linear analysis によりセメンタイトの含有量を測定した。測定にあつて Hurlbut Counter (Cambridge Thermionic Co.) を使用し、20 mm の距離の間の線分比にてセメンタイト量を求めた。

以上のセメンタイトの挙動の外に硬度及び破断面粗さ程度についても併せて報告する。

III. 実験結果及び考察

(1) 硬度変化について：硬度の測定は明石微少硬度計を使用し、荷重 1 kg で測定した。Fig. 1 は SKF の試料について焼入温度と保持時間と硬度の関係を示した。

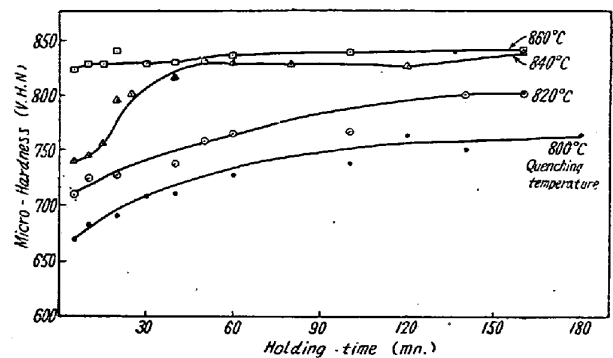


Fig. 1. The relation between hardness and holding time at each quenching temperature (SKF tube)

ものである。いづれの焼入温度でも保持時間と共に硬度の上昇を示す、840°C の焼入温度の場合は 800°C, 820°C の場合と異なり、急激に硬度の上昇が起り 1 h 後に硬度が飽和値に達する。860°C の場合では 5 mn の保持時間でも可成り硬度が高く、保持時間と共に僅かな硬度の上昇を示す。

(2) セメンタイトの挙動について：SKF パイプ材の各焼入温度における保持時間とセメンタイト量の関係は Fig. 2 の如くである。これから明らかなように、各焼入温度において保持時間が約 50~60 mn に達すると平衡状態に達する。

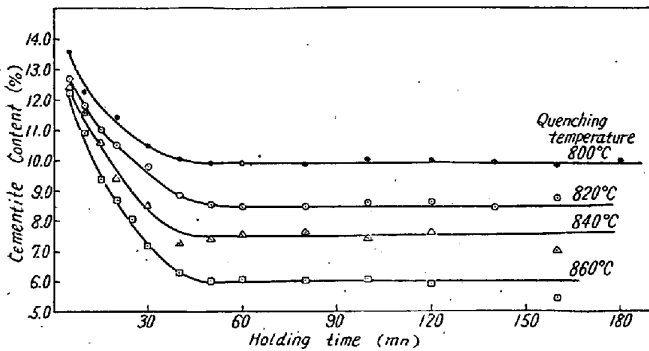


Fig. 2. The relation between cementite content and holding time at each quenching temperature (SKF tube):

SKF の材料は 840°C の焼入温度では 50 mn の保持温度で Fe₃C 量は約 7.5% であり、それ以上 3 h まで Fe₃C 量は一定である。筆者は熱処理後に残存する Fe₃C 量が約 7.5% の時に寿命が最大であると報告したが、SKF の材料では上記の理由により 840°C を焼入温度に選ぶのが良い。国内の軸受用パイプ材についての結果は講演の際報告する。若し Fe₃C のオーステナイト中への固溶速度が拡散現象であるならば、この現象は rate of the form の式にて良くあらわされる筈である。ここに rate of the form の式を示せば、

$$\frac{df}{dt} = K(1-f)t^m \dots \dots \dots (1)$$

f: fraction transformed.
t: time.
K: rate constate (temperature dependent)
m: constant.

今、*y* を *t* 時間における反応量、*a* を反応が平衡に達した時までの全反応量とすると (1) 式は、

$$\frac{dy}{a-y} = Kt^m dt \dots \dots \dots (2)$$

となる。(2) 式を積分すると次の (3) 式が得られる。

$$\log \log \frac{a}{a-y} = (m+1) \log t + \log \frac{K}{2 \cdot 3(m+1)} \dots \dots \dots (3)$$

この式で、実験的に *a*, *y*, *t* は Fig. 2 より求められるので、log log *a/a-y* を縦軸にとり、log *t* を横軸にとると、直線的関係を示す。800°C における固溶曲線を (3) 式でグラフすると直線的関係を示すが、820°C と 840°C と 860°C とにおいては直線的関係を示さず、且又 3 つの曲線が重複している。以上のことより 820°C、840°C、860°C における Fe₃C の固溶現象は簡単な拡散現象でなく、Fe₃C の組成、大きさ、分布及び Fe₃C の界面エネルギー等のからみあつた複雑な現象であろうと考えられる。

(3) 破断面の粗さについて： 我国では未だ P. F. test の如き焼入破断面の粗さを測定する場合の粗さの標準片が制定されていない。それで筆者はアポット・プロフィールメーターを使用して、焼入試料の破断面の粗さを測定した。今、800°C より焼入した試片の破断面の粗さと保持温度との関係は Fig. 3 の如くである。いずれの

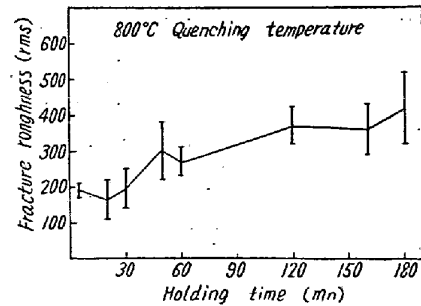


Fig. 3. The relation between fracture roughness and holding time at 800°C quenching temperature. (SKF tube)

試片の破断面も迂り破断面であるが、保持時間の増加と共に粗さが悪くなる傾向を示している。他の焼入温度の場合は講演の際に詳しく報告する。

文 献

- 1) 上野, 三橋, 中野; 鉄と鋼, 41 (1955), 1102.
- 2) 上野, 中野; 鉄と鋼, 41 (1955), 1179.
- 3) E. C. Bain; Function of the alloying elements in steels, (1940), 114.
- 4) 小門; 日本機械学会誌, 31 (1928), 954.
- 5) 川口寅之輔; 日本金属学会誌 B, 15 (1951), 213~215.

(56) 軸受鋼の研究 (VI)

(積分強度法による残留オーステナイトの X 線の定量)

Studies on Ball Bearing Steels (VI)

(X Ray Determination of Retained Austenite by Integrated Intensities)

Manabu Ueno, et alii

工業技術院機械試験所 ○工 上 野 学
 工 三 橋 鉄 太 郎
 中 野 泰

I. 緒 言

残留オーステナイトの定量法としては次の 2 つが考え