

## (57) 軸受鋼の研究 (VII)

(SKF, Timken 及び国産軸受鋼のパイプ材のオーステナイト状態の挙動と早期寿命試験結果について)

Studies on Ball Bearing Steels (VII)

(Austenitizing behavior and rapid life test of SKF, Timken and home made ball bearing tube steels.)

Manabu Ueno, et alii

工業技術院機械試験所 ○工 上 野 学  
工博 三 橋 鉄 太 郎  
工 岡 本 純 三

## I. 緒 言

軸受鋼のパイプ材は最近になってバー材の代りに使用されるにいたつたが、我国では未だ各種のサイズのパイプ材は製造されていない。SKF Hofer Bruk のカタログをみると、外径 53・5mm×内径 34・45mm より外径 200・85mm×内径 175・2mm までのうちに 174 種の各種寸法のパイプ材が規格化されている。

このことより SKF では軸受の材料として相当多量のパイプ材を使用しているのではないかと考えられる。

本稿において、SKF, Timken 及び国内軸受鋼のパイプ材についてのオーステナイト状態の挙動及び早期寿命試験結果の比較検討を行つて報告する。

## II. 実験試料及び実験方法

実験に供した試料は SKF, Timken, 国産軸受鋼のパ

イプ素材で、その化学組成は Table 1 に示す通りである。いづれも JIS 規格の第 2 種に相当するもので SKF 素材では Ni, Cu が他に比して著しく少なく、V の少量添加がみとめられる。Timken と国産軸受鋼では化学成分上では優劣がきめられない。

上記 3 種の非金属介在物の比較をすれば Table 2 に示す如くである。SKF は A 型が比較的によく、Timken は B 型が多い、国内軸受鋼 (K) は A 型が著しく少ない。この K 鋼は非金属介在物の点では他の鋼よりも優秀であると考えられるが、又製鋼法、造塊法の相違も暗示されよう。

SKF のパイプ材は外径 56mm×内径 36mm, Timken のパイプ材は外径 111mm×内径 87mm, K のパイプ材は外径 52・4mm×内径 30・6mm である。オーステナイトの挙動については焼入温度と硬度、セメント量及残留オーステナイト量との関係を求めた。セメント量は lineal analysis により測定し、残留オーステナイト量は X 線による積分強度法により定量した。早期寿命試験の試料はパイプの圧延方向に沿い、 $\phi 3\cdot2\text{mm} \times l 18\cdot0\text{mm}$  のニードルを削り出し、これを  $840^{\circ}\text{C} \times 1/2\text{h} \rightarrow$  油焼入  $\rightarrow 150^{\circ}\text{C} \times 1\text{h}$  焼戻処理した後に、 $\phi 3\cdot0\text{mm} \times l 18\cdot0\text{mm}$  のニードルに研削した、そして表面を超仕上げを行つた。ニードルの直径の精度を特に注意し、いづれの試料も  $-0\cdot5\mu \sim 0\mu$  の範囲にある。

## III. 実験結果及考察

(1) オーステナイト状態の挙動。

上記 3 種のパイプ材より、 $10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 3\text{mm}$  の試料を削り出し、この試料を各焼入温度に 1/2 h 加熱して

Table 1. Chemical composition

Type	Code	Weight, percent									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	V	N
SKF tube	SKF	1.02	0.29	0.31	0.025	0.019	1.47	tr	0.03	0.06	0.0027
Timken tube	Timken	1.04	0.32	0.35	0.013	0.010	1.43	0.11	0.10	tr	0.0103
Home made tube	K	1.03	0.29	0.41	0.016	0.009	1.38	0.06	0.14	—	—

Table 2. Non-metallic inclusion.

Code	A-type non-metallic inclusion		B-type non-metallic inclusion	
	Degree of cleanliness	Mean thickness	Degree of cleanliness	Mean thickness
SKF	3.4	4.9 $\mu$	3.0	4.8 $\mu$
Timken	2.3	4.2 $\mu$	9.4	9.8 $\mu$
K	0.6	5.8 $\mu$	5.1	7.7 $\mu$

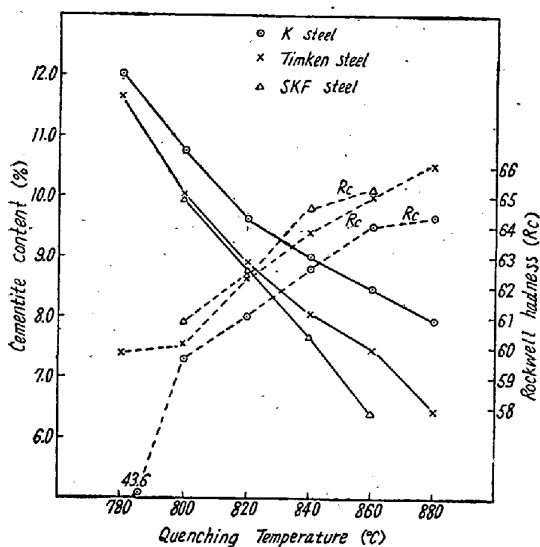


Fig. 1. Relation between hardness, cementite content and quenching temperature.

油焼入した後に、硬度と Fe<sub>3</sub>C 量とを測定する。その結果を図示したものが Fig. 1 である。硬度の測定にはロックウエル硬度計を使用し、Fe<sub>3</sub>C 量は lineal analysis により約 10mm~15mm の間の積線分比より求めた。

これから明らかな様に、Timken は 780°C の温度でも焼入硬度が高いが、K 鋼は 800°C になって始めて硬度が Rc 60 に近くなる。又、K 鋼では各焼入温度において焼入硬度が SKF, Timken に比して低い。このことは Fig. 1 の Fe<sub>3</sub>C の固溶の程度よりも説明出来る。筆者は先に寿命と Fe<sub>3</sub>C 量に相当の関連があると報告<sup>1)</sup>したが、その寿命の最適の Fe<sub>3</sub>C 量は 7~8% である。今、この Fe<sub>3</sub>C 量が 7~8% 残存する様な焼入温度範囲を求めてみると、SKF では約 830°C~850°C, Timken では約 840°C~870°C であるが、K 鋼では 880°C 以上になる。この様に 880°C 以上より焼入すると、Fe<sub>3</sub>C 量は適当でも、結晶粒が粗大化して、破断面の粗さが荒くなり、且つ又残留オーステナイト量が著しく多くなるので好ましくない。良質の軸受鋼ではこの最適の Fe<sub>3</sub>C 量は 840°C 附近にあるべきだと考えられる。これは残留オーステナイト量と破断面粗さとの関連からも考えられることである。

残留オーステナイトと焼入温度の関係については講演にゆづる。

(2) 早期寿命試験について。

SKF, Timken, K 鋼より削り出したニードルを、いづれも 840°C×1/2 h→油焼入→150°C×1 h 焼戻し処理したものを、研削した後に、表面を超仕上げした。各種の鋼についてこのニードルを約 60 本用意した。これを Fig. 2(a) の如き早期寿命試験機で、寿命試験を行い

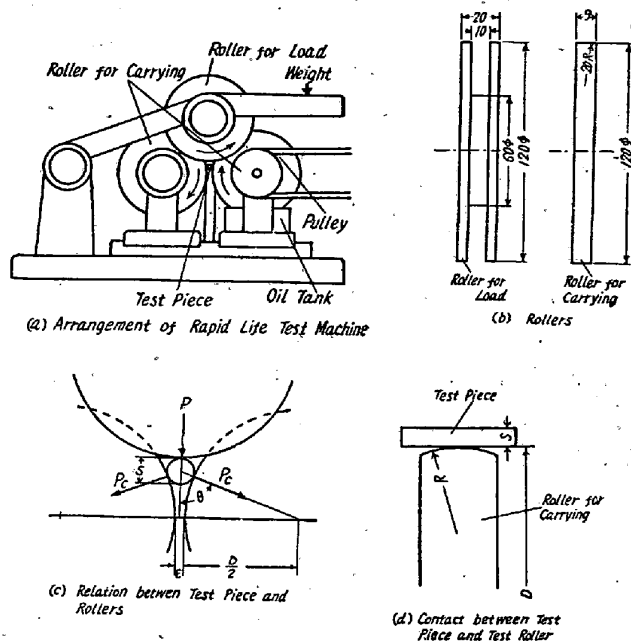


Fig. 2. Rapid life test machine.

“Flaking” の発生するまでの時間を寿命時間とした。Fig. 2(a) の黒丸が試料で、直径 3mm×長さ 18mm の寸法のものである。駆動用ローラーは 1000 r. p. m. で、試験ニードルは約 40,000 r. p. m. である。ストロボによる測定によると、転りに対する迂りの比率は  $8 \cdot 22 \times 10^{-4}$  程度である。プーリーで廻転する駆動用ローラーの下に油槽があり、ローラーの廻転につれて油をニードルの周に補給する。荷重は Weight の部分に分銅を載せて、負荷用ローラーの両端でニードルにかかるようになっている。ローラーの寸法は Fig. 2(b) に示す。

次に Fig. 2(c) の如く負荷用ローラーから与えられる荷重を P とすると、実際に駆動用ローラーと試験ニードルの間に掛る荷重は P<sub>c</sub> となる。試験ニードルの径 S, ローラーの径を D, 2つの駆動用ローラーの間隔を e とすれば、

$$\sin \theta = \frac{D+e}{D+S} \quad \text{となる。}$$

$$\begin{aligned} \text{故に、} P_c &= \frac{1}{2} \cdot P / \cos \theta = \frac{1}{2} \cdot \frac{D+S}{\sqrt{(D+S)^2 - (D+e)^2}} \cdot P \\ &= \frac{1}{2} \cdot A \cdot P \quad \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

e の間隔を決定すれば、P<sub>c</sub> の値は直ちに決定することが出来る。次に、Fig. 2(d) の如き駆動用ローラーとニードルの接触圧力を求めるに、Hertz の理論<sup>2)</sup> によると最大接触圧力 p は、

$$p = \frac{1.5 P_c}{\pi a \cdot b} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad \dots \dots \dots (2)$$

となる。

ここで、a, b は Hertz の接触楕円の長半径と短半径

である。従つて Fig. 2(d) の  $S=0.3\text{cm}$ ,  $D=12\text{cm}$ ,  $R=2\text{cm}$  とすると、

$$p=11470 P_0^{1/3} \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots(3)$$

となる。

この寿命試験の条件では、 $P$  は 13 kg,  $P_0$  は 32.4 kg となる故に、試験ニードルと駆動用ローラーの間の最大接触圧力 ( $p$ ) は約 370 kg/mm<sup>2</sup> となる。一般に実用上差支のある永久変形を生ずる限界は大体 380 kg/mm<sup>2</sup> 程度だと考えられるので、この試験条件では弾性領域に這入つて荷重を受けていることになる。

上記試験条件による寿命試験結果を統計的に処理した結果は講演にゆづる。

## 文 献

- 1) 上野, 三橋, 中野; 鉄と鋼, 41 (1955) 1102.
- 2) 水村善太郎訳; 転り軸受の負荷理論.

## (58) 新 50 t 平炉の特徴並びに操業について

### First Report on the New 50-ton Open Hearth Furnace

*Hiromasa Yoshihara, et alii*

神戸製鋼所製鉄部 杉 沢 英 男  
○吉原寛正・佐伯 修・桜田利雄

## I. 緒 言

当社に於ては昭和 28 年設備合理化の一環として製鋼工場第 8 号平炉の近代化を計画し、翌 29 年 3 月改修工事に着手、9 月 13 日工事完了し無事初湯を出すことが出来た。爾來操業を続行し現在に至つている。この間中修理及び大修理を各一回行つたが極めて満足すべき結果を得たので、本炉の特徴及び操業の概要を報告する。

## II. 新平炉の特徴

本炉は最新式高能率全塩基性平炉を実現せんと Maezy Industrie Ofenbau A. G. の設計に依り築造したもので、その特徴の概略は下記の如くである。

(1) 基礎; 炉体全荷重及び下部炉体の煉瓦膨脹に耐える様約 720 h×300 b×15 t のウェブを埋込み、特殊工法により内部に鉄函を入れた防水コンクリートピットとした。その内面には集水及びコンクリート過熱防止のため溝を刻み込んだ。

(2) 上部炉体; 鉄骨支柱にて下部炉体と切離し、架構は全溶接を施してある。特に前後壁には 350×150 のスラブインゴットを使用し、之等は互に溶接されクローズドフレームとし炉形の維持に完全が期されている。天井煉瓦は迫受金物を通じスプリングにて受け煉瓦膨脹を緩衝する。天井を除く溶解室内面に出る部分には塩基性煉瓦を炉外方向に約 15°の傾斜をつけて積んだ。炉頭部は、勿論正規のメルツ型で完気噴出口はライテックスフェロクリップを半円形に吊つて 2 つに分けられ、その大きさは 740×740 である。

(3) 下部炉体; 支柱の下部を基礎コンクリートに埋込んで固定し且つ各々を I 型鋼に溶接連結した頑強な構造となつている。上昇道及び鋼滓室は塩基性構造として寿命の延長を計り且つガス流動に適したライテックスフェロクリップ吊構造を採用した。蓄熱室は瓦斯焚き平炉への転換を予期して二室を設け、天井には熱効率を増大し寿命を延長さすべくシャモット煉瓦の特殊水平吊構造を採用した。格子積は 75×120×350 の煉瓦を 115 の通し目に積み、上 14 段をシャモットで以下は珪石煉瓦で積んだ。

(4) 変更弁; 発生炉ガス使用時を考慮して Zimmermann & Jansen G. m. b. H 製の変更弁を採用した。この変更弁は空気小煙道に取付けられた蝶形弁とシーバー、ガス小煙道に取付けられた生ガス鐘弁と廃ガス鐘弁の 8 ケから成立つて居る。

(5) 自動制御装置; 下記の 4 制御系統を完備している。

(a) 燃焼自動制御; 炉熱低き時期には流量制御を行わしめ、天井温度が設定点に達すればその温度を維持する如く重油量を調節し温度制御とする。霧化用空気、燃焼用空気も同様制御される。

(b) 燃焼用空気配分調節; 4 ケの蓄熱室温度を測定し入気側蓄熱室温度が同一になる様燃焼用空気通入量の配分を自動調節す。

(c) 炉内圧自動調節。

(d) 自動変更; 時間と蓄熱室最高最低温度を組合せ自動的に変更せしむ。

## III. 操 業 経 過

1. 経過概略; 昭和 29 年 9 月 13 日初湯以来操業を続行せるも炉特性変化による操業の不適正、変更弁の故障等もあり 12 月 27 日年末を利用し 361 回にて天井の差替を行つた。この際天井裏壁側の溶損が激しいので裏抱より約 1 m をライテックスにて築造し翌 30 年 1 月