

Fig. 1



Photo. 1 x400

偏析を調べるために、2mmφドリルによつて粗大炭化物の偏析している部分より分析試料を採取したが、きわめてわずかししか採取出来なかつたので、Cは顕微鏡組織により概略の推定が出来るから、Pのみを分析した。これと偏析していない他の部分との比較の一例を示せばつぎのとおりである。

Solidification velocity	Position of sampling for chemical analysis	P %
Furnace cool	Segregation zone	0.032
	Other zone	0.025
30°C/10mn	Segregation zone	0.041
	Other zone	0.027
10°C/10mn	Segregation zone	0.102
	Other zone	0.031

これを軸受鋼の実験において最も粗大炭化物の偏析していた部分の分析値 C 2.20, P 0.30, Cr 2.28% と比較すると、かなりPの偏析は少いが、要するに、拡散しがたいCr炭化物の存在しないこの場合においても炭化物偏析は凝固速度によつて影響され、且つこれはPの偏析と相関連していることが実験的に示される。

その他Pの高い試料における実験との比較、大鋼塊における実測凝固速度との比較等を述べる。

- 1) W. Tofaute, A. Sponhuer, H. Benneck, Arch. Eisenhüttenw., 8 (1934/35), 499.
- 2) 出口, 鉄と鋼, 38 (昭 27), 406.
- 3) 出口, 鉄と鋼, 39 (昭 28), 189.

### (58) 軸受鋼の研究 (II)

(ベアリングの寿命に及ぼす金相学的因子の影響について)

#### Studies on Ball-Bearing Steels (II)

(Effect of Some Metallurgical Factors on Life of Ball-Bearing Steels)

Manabu Ueno, Lecturer, et alii.

工業技術院機械試験所

○上野学・三橋鉄太郎

埼玉高等学校教諭 中野泰

#### I. 緒言

我が国で製造されているボール・ベアリングの寿命の向上については、尙相当の研究と調査を必要とすることは、当所のボール・ベアリングの寿命試験の結果明らかとなつた。この寿命試験の結果によるとベアリングの故障は主として内輪に発生する確率が多く、次にボール、それから外輪である。そこで、寿命試験の結果寿命時間の判明せる内輪について金相学的因子、即ち化学組成、非金属介在物、硬度、圧壊値、セメントイト含有量、結晶粒度、鍛造程度等を調べた。そしてベアリングの寿命とこれらの金相学的因子の間に相関があるか、ないかを調査研究した結果を報告する。

さて、ここで寿命とは型番 6304 のボール・ベアリングをラジアル荷重 500 kg, 廻転数 1200r.p.m の条件下で試験した時に、内輪のレース面に“pitting”及び“flaking”が発生するまでの時間をいうのである。

調査研究したボール・ベアリングは五大メーカー、即ち日本精工、東洋ベアリング、光洋精工、不二越鋼材、旭精工K.K.のベアリングである。6304の型番のベアリングの寸法は内径 20mm, 外径 52mm, 巾 15mm である。

#### II. 実験結果及び考察

##### (1) 化学組成と寿命との関係

寿命時間の判明している内輪をグラインダー切断機で四等分し、その一つを 600°C×1hr 焼鈍した後にボール盤で分析試料を採集する。分析した化学組成は C, Si, Mn, P, S, Cr の 6 元素である。今一例として C と寿命の関係を Fig. 1 に明示す。これらも判明する様に寿

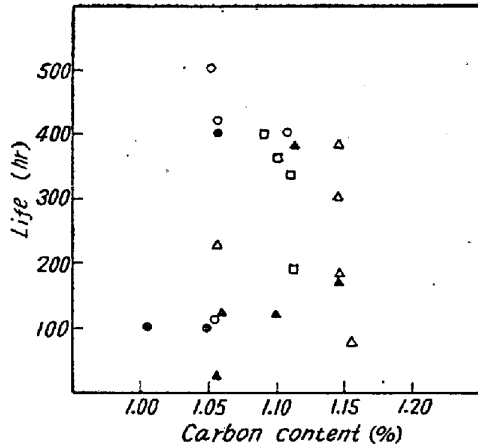


Fig. 1. Relation between carbon content and life.

命と炭素量の間に一義的な関係はなく、我が国の市販軸受鋼の炭素量は比較的 J I S の S U J 2 の規格の高目を目標にしている。然し炭素量が高目になると粗大炭化物が発生する危険があるので、S. K. F. の如く低目の炭素含有量 (0.95~1.05%) を目標にすべきではないかと思う。我が国の軸受鋼メーカーは炭素量を高くして、鋼塊を小さくして急冷により粗大炭化物の発生を阻止せんとしている。他の化学的組成も余り寿命と関係はないが、Cr についていえば国内のベアリングは約 1.2%~1.5% の範囲にばらついているが、S. K. F. の材料は約 1.4%~1.5% の間に目標をおいているものと思う。

(2) ガスと寿命の関係

学振法による全窒素含有量と寿命には一義的な関係は余りない。更にハロゲン・エステル法による窒素の分析値と寿命の関係について述べる。

(3) 硬度と寿命の関係

硬度は明石製作所の微小硬度計にて測定した。そして内輪の軌道面及び内輪の軌道面外の硬度を荷重 1 kg にて 20 箇所測定し、その平均値及びそのばらつきを示す標準偏差と寿命との関係を求めたが余り一義的な関係はない。次に内輪の軌道面外の硬度と軌道面の硬度の差と寿命の関係を求めたところ、寿命試験の結果軌道面の硬度が高くなるものが多いことが判明したが、その差と寿命には関係がない。

(4) 圧壊荷重と寿命の関係

寿命の判明せる内輪を 30ton のアムスラー試験機にて圧壊試験する。ところが各軸受メーカーにより内輪の断

面形状が異なるので、この断面積を求めて先に求めた圧壊値を割った圧壊荷重 (kg/mm<sup>2</sup>) と寿命の関係を求めた。Fig. 2 がそれである。軸受メーカーは圧壊値と硬

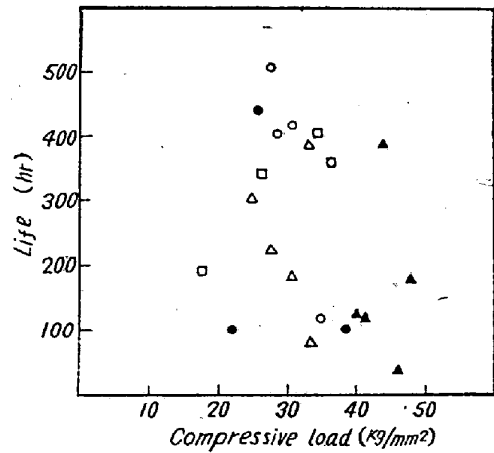


Fig. 2. Relation between compressive load and life.

度との関係を重要視しているが、上記の結果圧壊荷重の高いものが必ずしも寿命が長いとはいえない。

(5) 非金属介在物と寿命の関係

非金属介在物には 2 種類あり。A 型非金属介在物は加工により粘性変形をなすもので硫化物、珪酸物等である。B 型は粘性変形をなさざる酸化物である。寿命が判定されたベアリングの内輪を切断し、圧延方向の断面について視野数 50 以上測定して A 型、B 型非金属介在物の清浄度を求めた。この A、B 型非金属介在物と寿命との間には一義的な関係はないが、Fig. 3 より知られる如く A 型非金属介在物の清浄度を良くすることにより寿命が向上する△印会社の製品があった。

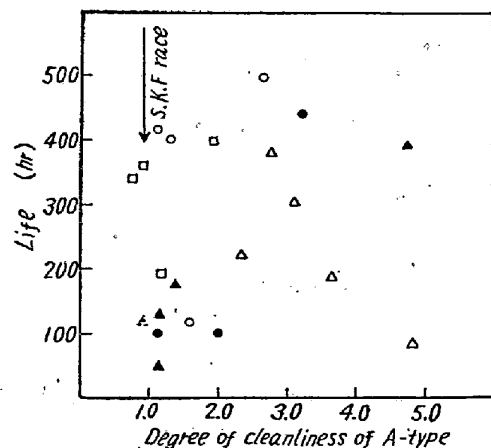


Fig. 3. Relation between cleanliness of A type non-metallic inclusion and life.

(6) 鍛造程度について

住友金属工業 K. K. の河合泰治氏が昭和 29 年秋季鉄鋼協会講演会で Woodfine 氏試薬による焼入鋼の一次晶

頭出について発表している。著者もこの Woodfine 氏試薬（ピクリン酸飽和水溶液）を使用して圧延方向の縞状組織をしらべた。S.K.F.の材料は国内のものに比して非常に縞状組織の間隔が稠密である。然し国内のものはその間隔が相当あり、縞状偏析が相当あることを示している。これは幻燈をもつて報告する。これ等の事実より考察すると我が国の軸受鋼の鋼塊の大きさが小さいのではないかと考えられる。実際国内の軸受鋼メーカーを調査しても S.K.F.の素材供給メーカーたる Hofors Steel Works の 1t~1.3t 角形鋼塊に比して可成り小さい鋼塊を使用している状態である。このことは相当ベアリングの寿命に関係があると思われる。

#### (7) セメントイト含有量と寿命との関係

軸受鋼の素材は球状化焼鈍した状態にあるので、組織は球状セメントイトがフェライトの地に分布しているのである。軸受鋼の炭素量は約 1% 前後であるので、素材の  $Fe_3C$  の量は約 15% 前後存在している。これを焼入焼戻処理して硬化し得るのは、オーステナイト状態で  $Fe_3C$  がオーステナイト地に溶込んで炭素を供給するからである。然し我が国の製品となつているベアリングの内輪について、この  $Fe_3C$  量を調べた所約 4%~約 12% の間にばらつき、或るものは  $Fe_3C$  が溶込み易く、或るものは固溶しにくいことを示している。又約 6~8%  $Fe_3C$  量の所に寿命の最大な所があると思われる。

素材中の 15%  $Fe_3C$  が熱処理により 6~8%  $Fe_3C$  だけ残存する時、即ち地の C 量が約 0.5% 位の所に寿命の最大な所がある。この理由は、若し地の C 量が少なき時即ち残存する  $Fe_3C$  量が多いときには、地の C 量が低いので硬化能が不良で地の焼入硬度は非常に低い、そのため寿命が悪くなる。逆に地の C 量が多くなる時即ち残存する  $Fe_3C$  量が少なき時は、焼入硬度能が良好で残留オーステナイトが非常に多くなり、これが寿命に影響するものと考えられる。次に  $Fe_3C$  量と全窒素量との関係、 $Fe_3C$  量と硬度の関係について報告する。 $Fe_3C$  量と N 量との関係についていえば、N 量が  $Fe_3C$  量に関係するものと、しからざるものがある。N 量が  $Fe_3C$  量に関係するものでは N 量が減少するにつれて  $Fe_3C$  量は減少する傾向を示す。N 量が  $Fe_3C$  量に関係しないものについて、Si, Cr の影響があるのではないかと思つて関係を求めたが一義的關係はなく、原因は不明である。然しこれは鋼の“Virginity” と関係があるのではないかと考えられる。

(8) 結晶粒度と寿命の関係: 925°C×3h 試料を加熱して徐冷して、結晶粒度を調べ、粒度と寿命との関係を

報告する。

### III. 結 論

以上のことを総括して考えると、現在軸受メーカーが受入検査において重要視して考えていた金相学的因子、即ち硬度と圧壊値 (Rc 63 以上、圧壊値 4ton 以上) は余り軸受の寿命には直接的な重要な因子でないと思われる。

前述したごとく、鍛造圧延による縞状偏析、及び硬化後残存するセメントイト含有量等が寿命を左右する因子として重要視されなければならない。

#### (59) 軸受鋼の研究 (III)

(酸性平炉鋼、塩基性電気炉鋼及び S.K.F. 素材のオーステナイト状態の挙動)

Studies on Ball-Bearing Steels (III)  
(Austenitizing Behavior of Acid Open Hearth Furnace Steels, Basic Electric Furnace Steels and S. K. F. Ball-Bearing Steels.)

Manabu Ueno, Lecturer, et alius.

工業技術院機械試験所 ○上 野 学  
埼玉高等学校教諭 中 野 泰

#### I. 緒 言

高炭素低クロム鋼、即ち軸受鋼の製鋼法には 2 種類ある。即ち、小型酸性平炉法と塩基性電気炉法とである。前者は主として欧州大陸、特にスウェーデンにて採用され、後者は米国及び日本にて用いられている製鋼法である。前者の炉では製鋼中に充分精錬が出来ないので原料は上質のものを使用する必要があり、後者の炉では耐火物が塩基性であるために充分なる精錬が可能であるので原料の選択は非常に楽である。更に前者による鋼は N の含有量が後者の鋼に比して少いと一般にいわれている。

然しこの 2 種類の製鋼法による軸受鋼の優劣については文献もなく、且つ又この問題が第 1 回世界冶金会議で盛んに討議された問題なので、筆者はこの問題を一つの研究のテーマとして考え、2 種の製鋼法による軸受鋼の寿命に及ぼす影響の一連の研究の一部として本稿に上記製鋼法による軸受鋼のオーステナイト状態の挙動を報告する。更に S.K.F. バイブ素材との比較も合わせて発表する。上記 2 種類の軸受鋼は株式会社日本製鋼所の援助により、S.K.F. の素材は日本精工株式会社の御好意によるものである。ここに厚く両社に感謝をする次第であ