

Table 4. Forging ratio and size of inclusions.

No.		φ 150 mm Billet									φ 50mm		
		Outer part			Center part			Mean			L	W	L/W
		L	W	L/W	L	W	L/W	L	W	L/W			
11	T 1	15.1	3.2	4.7	16.3	4.1	4.0	15.5	4.1	3.8	17.8	2.5	7.1
	T 2	13.8	3.5	3.9	13.8	4.3	4.1	12.2	3.8	3.2	22.5	2.1	10.6
12	T 1	9.2	3.0	3.1	12.5	3.4	3.7	10.4	3.1	3.4	12.0	1.4	8.3
	T 2	11.2	2.7	4.1	14.1	3.5	4.0	12.6	4.1	4.1	16.1	1.4	11.6

Note: \bar{L} = Mean length, \bar{W} = Mean width, unit = μ

(85) 軸受鋼の疲労現象

Fatigue Phenomenon of Ball-Bearing Steel.

Iku Uchiyama, et alii.

金属材料技術研究所

工〇内山 郁・工修星野明彦・工 上野 学

I. 緒 言

軸受の耐久性向上の問題については、著者らが数年来研究し、発表してきたが、本報告では、軸受のくりかえし疲労によつて生ずると考えられるいわゆるフレーキング現象を光学的、あるいは電子顕微鏡的な二、三の方法によつて観察を行つたので、その結果を報告し、若干の考察を述べる。

II. 軸受における疲労

回転している軸受では、内輪の軌道面上をボールが自転しながら公転して内輪の回転方向に転つている。その際に内輪とボールの間にはほとんど送り現象をとまなわない。ゆえに、現象的には、軸受鋼は潤滑油の存在のもとで、送りをともなう摩擦現象よりも、むしろ疲労現象をうけている。しかし、軸受鋼の疲労は、ボールと内輪との間のヘルツの接触楕円における点接触部分のくりかえし疲労と考えられ、一般の材料試験における疲労現象とは少し様子が異なる。軸受がある時間回転すると軌道面に“フレーキング”あるいは“ピッチング”が発生するが、これは軸受鋼の疲れ現象によるものと考えられる。既報の早期寿命試験機 (“鉄と鋼” Vol. 44 (1958) No. 9, p.1105) によりニードルの試験を行い、応力（ヘルツの理論による最大接触圧力をとる）に対するフレーキングを生ずるまでのくりかえし回数の分布をとると、Fig. 1 のようになる。すなわち、応力の低いところでは、くりかえし回数のバラツキが大きく、 $10^7 \sim 10^8$ 回にわたつている。一方、高いところでは、バラツキが少なく

り、くりかえし回数が多い時には焼付きの現象がみられることがある。

III. 実験および観察方法

(1) 実験試料

供試材として SKF 軸受鋼パイプ材および国産市販軸受鋼 (SUJ-2) を用い、その圧延方向より $\phi 3 \text{ mm} \times 18 \text{ mm}$ の試験ニードルを削り出し、 $840^\circ\text{C} \times 1/2 \text{ h}$ 鉛浴加熱後油冷し、 $150^\circ\text{C} \times 1 \text{ h}$ 焼戻した。これを $\phi 2.81 \text{ mm} \times 18 \text{ mm}$ に研削し超仕上げした。

(2) 試験条件

上記ニードル試験片を早期寿命試験機によりくりかえし疲労を与え、最大接触圧力 ($P_{\text{max.}}$) が 444 kg/mm^2 および 494 kg/mm^2 の条件において、フレーキングの生じた場合 (Fig. 1 において ab 線より右側の範囲) およびフレーキングを生じない前に試験を止めた場合 (ab 線の左側に属する) の試験片を観察した。

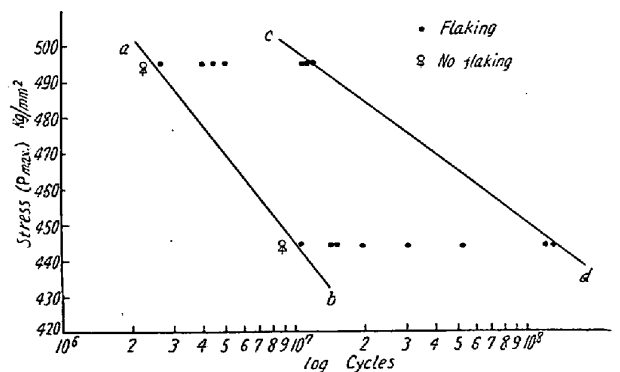


Fig 1. Relation between stress and log. repeated cycles.

(3) 観察方法

つぎの3つの方法を採用した。

(i) アセチルセルローズ膜による方法

試験片が 3 mm の円筒形のため、軌道面の状態およびフレーキングの穴を光学的顕微鏡で観察することは、

焦点合せの点で見にくい。そこで電子顕微鏡的観察に用いるレプリカ膜のアセチルセルローズ膜（溶媒：醋酸メチル）により、軌道面を模写し、これを光学顕微鏡で透過観察した。

(ii) レプリカによる電子顕微鏡的観察

上記で得たアセチルセルローズ膜を利用し、アセチルセルローズ=カーボン2段法（Cr シェドウィング）によりレプリカを作製、低倍（約 500 倍）および倍率をあげて観察した。

(iii) 軌道面の断面の光学顕微鏡による観察

試験片の軸に対して直角に切断し、軌道面の断面を出し、これをフェノール樹脂に埋込み、研磨して、フレーキングの穴の断面およびクラックの状態を光学顕微鏡で観察した。

IV. 観察結果および考察

アセチルセルローズ膜法で見たフレーキングの 1 例を Fig. 2 に示す。また、軌道面の観察結果の 1 例を描写により Fig. 3 に示す。その他の観察結果は、当日に示すが、これからつぎのことがわかる。

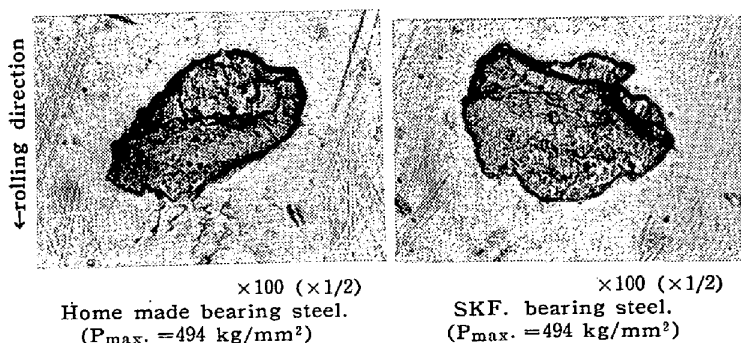


Fig. 2. Photographs of flaking of bearing steel by means of acetylcellulose film.

- (i) フレーキングを起す前に試験を止めた場合、試験片の軌道面にはなんらの異状がみとめられない。すなわちクラックの存在はみとめられない。
- (ii) フレーキングの穴の内部にクラックが存在する。(Fig. 2) これは、Fig. 3 の観察結果からもうな

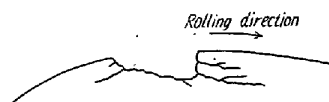


Fig. 3. Schematic diagram of flaking.

ずけるが、一般にフレーキングの穴から両側の方向に伸びている。

- (iii) フレーキングの穴は、試験片の転動方向に対して手前側が浅く、他の側が深くなっている。
- (iv) 試験片の軌道面以外には、超仕上げの際の研磨

きずがなお存在しているが、軌道面は、研磨きずが除かれて滑らかである。

(v) 応力が高く、くりかえし回数の多い場合に焼付きの現象が見られたが、この場合にはフレーキングがおこらずに軌道面全体にわたってクラックが発生している。しかし、クラックは試験面から深くまで伸びていない。

以上のごとき観察結果などから、まずクラックが発生してそれがフレーキング現象を起すにいたるけれども、そのクラックは軌道面下の最大せん断応力面に発生する確率が大いいか、その起源がどこにあるかは確められなかった。しかし、クラックの起因が非金属介在物であるという現象はあまり認められず、非金属介在物以外の起因が十分に問題となろう。なお、一つのクラックがもとになつてフレーキングを生ずる確率は少なく、二つあるいはそれ以上のクラックが集積した場合にフレーキングを生ずると考えられる。そして、二つあるいはそれ以上のクラックの起因が軌道面下の最大せん断応力部分に近接して存在する確率は非常にまれであるから、同一試験でもフレーキングを生ずるまでのくりかえし回数に相当のバラッキを与えるものとする。なお、焼付きの現象の場合のクラックの発生および発達、フレーキングを起した場合とは異つて別に考えるべき問題と思う。

(86) 軸受鋼の寿命試験

Life Test of Ball-Bearing Steel.

Eiji Miyoshi, et alius.

住友金属工業、鋼管製造所

○ 三好 栄次・松浦 信夫

I. 緒 言

軸受鋼には本邦においては数多くの規定があり製造の困難な鋼種の一つとされている。この規定の中には必ずしも十分なデータの裏付けによつて定められているものも限らず、寿命試験によつて決定されなければならないものが多い。しかし寿命試験は多くの時間と労力を費すので、なかなかその実現が困難であつたが幸にも工業技術院機械試験所において、早期寿命試験機が考案せられたので著者らはこれを用いて試験を行うこととした。