この表の数値の内実験が明らかにされているものは、当報告の外は、軟鋼板（ブリキ板）に関する福井、前田両氏の報告と四六黄銅に関する青木氏の報告があるだけである。この2篇はきわめて良く筆者らの結果と一致している。この詳細については前掲報告を参照されたいが、それらの報告の中の食込み量に該当するものを計算により比較してもきわめて良く一致することを見出す。その一例を第 11 図に示す。筆者らの経験によれば、かかる方向によって得られた合理的なクリヤランスの値は、それが正しく均等に、拔型に与えられた場合に成り立つものであって、拔型工作の際に片寄ってクリヤランスが与えられるおそれのあることを考慮すれば、多少この値よりも少な目にした方が良いと思う。また、拔型の摩耗によるクリヤランスの増加を考慮した場合においても、同様のことが言える。

VII. 結 論

以上、抜き作業における変形過程を顕微鏡写真的に観察した結果から、抜き型の最適クリヤランスを求めた方法を述べた。その際特に明らかになった点を列記

すれば次のごとくである。

(1) 食込み量、破断角、繊維傾き角の三要素に分けて測定した結果、食込み量と繊維の傾き角とは板の材質とその加工度によって定まり、破断角は材質のみによって定まる。すなわち、これらの値はいずれもクリヤランスの大小には関係しない。

(2) 食込み後、破断が行われる際、破断面が上下二方面から発達して、そのまま一直線上に連絡する状態が最良の状態であるとして求めたクリヤランスの値は、他の実験方法の明らかな資料と比較して良く一致している。

なお、この報告は数年間に亘って三菱電機会社研究所において研究を行って得た結果であり、御理解ある御援助を賜った同研究所若山所長に厚く御礼を申上げる。

注：一

(1) 昭和 26 年 9 月 29 日 第 176 回関西支部講演会において講演。原稿受付 昭和 29 年 3 月 11 日。

(2), (3) 正員、大阪大学工学部。

(4) 正員、三菱電機会社。

621.822:6.031.4

ころがり軸受の内外輪の温度差に及ぼす回転数の影響⁽¹⁾

佐々木外喜雄⁽²⁾, 小野 繁⁽³⁾, 小林 史郎⁽⁴⁾

On the Temperature Difference between Inner and Outer Races of Roller Bearings

by Tokio SASAKI, Shigeru Ono and Shirō KOBAYASHI

The temperature difference between inner and outer races of a roller bearing becomes larger as load and rotating speed of bearing increase, and the effect of rotating speed on the temperature difference seems to be more remarkable than that of load within the allowable carrying capacity of the bearing.

Then the effect of rotating speed on the temperature difference between both races has been investigated more in detail. As the result of this investigation, it is found that the temperature difference increases almost linearly with increasing rotating speed under such conditions of experiment, and that the variation of temperature difference in the different kinds of bearings or lubricants is very few. The values of the temperature difference which occur in the moderate running conditions are about 5°C, and this value of temperature difference, which has heretofore been believed generally, has been proved by this experimental research.

1. 緒 言

ころがり軸受の内外輪温度差は、ころがり軸受の設計においてきわめて重大な意義を有するもので、精密

かつ高性能の機器への応用においては特に重視さるべきことである。すなわち、ころがり軸受においてその性能および寿命に対して著しい影響を与える遊隙は、内外輪の温度差による熱膨張の相違によって変化し、

したがってこの温度差(さらに転動体の温度上昇)を知って始めて適当な遊隙を定めうるのである。そこでころがり軸受の製作および応用の設計資料として役立たしめるために、既報⁽⁵⁾のごとく、内輪が回転するもっとも一般的な使用状態においてこの内外輪の温度差を、同じ主要寸法の各種ころがり軸受につきそれぞれの負荷容量内で荷重および回転数を変え潤滑剤もまた種々に変えて測定し、ころがり軸受の内外輪の温度差は荷重や回転数の大となるほど大であるが、負荷容量内においては荷重による影響に比して回転数による影響が著しいものと考えられる結果を得た。しかし、回転数については回転数 1800 および 3600 rpm の 2 場合のみについて行ったものであるから、本研究においては前報のものとはほぼ同じ装置で回転数を数段階に変えて同じ各種軸受および潤滑剤の場合について実験し、内外輪温度差の回転数による影響をさらにくわしく求めたのである。

2. 実験方法

実験装置の概要は前報のとおりであるが、ただ軸受試験機の試料軸受側軸受に従来の深みぞ型玉軸受のかわりとして球面ころ軸受を用い、試験機の負荷能力が大となるように改造するとともに、グリース潤滑を強制給油潤滑に改めて回転数の増大に対応せしめた⁽⁶⁾。

試料ころがり軸受は次の 3 種とした。(前報においては特に保持器の相違による内外輪温度上昇および温度差の変化を考察するために、単列深みぞ型玉軸受では、押抜保持器のものともみ抜保持器のものをを用いて比較実験したのであるが、その結果保持器の相違による影響はほとんどないことがわかったので本研究においては後者を除いたわけである。)

(a) 単列深みぞ型玉軸受 # 6212 (押抜保持器のもの)

(b) 複列自動調心型玉軸受 # 1212 (押抜保持器のもの)

(c) 円筒ころ軸受 # N 212 (もみ抜保持器のもの)

これら試料軸受のはめあい条件は前報と同様に一般工作機械用におけるそれ、すなわち内輪において、ほぼ JES m_1 、外輪においてほぼ JES M_1 のはめあいにて試験機に取付けられた。

次に作動条件としては、いずれも試料ころがり軸受の負荷容量内にとり、荷重は純ラジアル荷重の場合のみで 215 および 615 kg の 2 種、回転数は 500, 1000, 1800, 2500, 3600 rpm の 5 種に選んだ。また潤滑剤はグリース、スピンドル油、モビール油の 3 種を用い、油の場合には油浴潤滑法を採用した。

以上の各種条件の各組合せごとに実験を行ったのであるが、その要領は既報の場合と同様で、運転開始後

第 1 表

軸 受	荷 重	回 転 数 潤 滑 剤	500 rpm		1 000 rpm		1 800 rpm		2 500 rpm		3 600 rpm						
			温 度		温 度		温 度		温 度		温 度						
			°C		°C		°C		°C		°C						
			内輪	外輪	内輪	外輪	内輪	外輪	内輪	外輪	内輪	外輪					
# 6212	kg 215	グ リ ー ス	15.3	12.7	2.6	20.1	16.9	3.2	28.1	22.3	5.8	35.6	24.9	10.7	51.0	40.9	10.1
		スピンドル油	8.3	5.2	3.1	15.8	10.7	5.1	17.7	14.0	3.7	23.8	17.3	6.5	25.2	20.6	4.6
		モビール油	12.3	11.6	0.7	24.8	23.0	1.8	33.9	31.7	2.2	40.6	36.4	4.2	44.0	40.9	3.1
	kg 615	グ リ ー ス	25.2	21.1	4.1	29.1	26.1	3.0	45.1	37.3	7.8	47.4	40.4	7.0	68.0	56.5	11.5
		スピンドル油	11.4	9.0	2.4	19.4	16.1	3.1	34.0	29.9	4.1	37.3	30.9	6.4	40.5	33.7	6.5
		モビール油	25.3	23.0	2.3	29.7	26.2	3.5	46.0	43.2	2.8	55.2	45.8	9.4	59.5	51.7	7.8
# 1212	kg 215	グ リ ー ス	9.7	7.5	2.2	17.3	12.5	4.8	21.9	15.6	6.3	24.8	17.9	6.9	28.8	20.6	8.2
		スピンドル油	10.0	6.6	3.4	13.0	10.2	2.8	17.9	13.4	4.5	21.9	15.9	6.0	26.2	19.1	7.1
		モビール油	11.5	8.4	3.1	19.3	13.9	5.4	27.0	21.9	5.1	29.8	22.3	7.4	38.5	30.1	8.4
	kg 615	グ リ ー ス	13.3	10.7	2.6	19.6	16.1	3.5	30.0	24.3	5.7	36.0	28.2	7.8	42.3	32.2	10.1
		スピンドル油	14.9	11.6	3.3	17.9	14.1	3.8	26.7	20.9	5.8	32.5	24.7	7.8	35.1	28.0	7.1
		モビール油	16.8	13.2	3.6	26.0	20.6	5.4	31.7	25.7	6.0	37.8	27.7	10.1	52.2	40.3	12.1
# N 212	kg 215	グ リ ー ス	10.9	9.1	1.8	15.3	13.4	1.9	18.2	12.9	5.3	23.1	19.0	4.1	29.5	23.6	5.9
		スピンドル油	8.7	8.0	0.7	16.7	13.4	3.3	20.5	17.2	3.5	33.5	26.5	7.0	35.1	30.1	5.0
		モビール油	13.4	11.8	1.6	19.8	16.4	3.4	47.1	43.4	3.7	51.4	43.2	8.2	72.3	63.4	8.9
	kg 615	グ リ ー ス	14.1	12.3	1.8	18.9	15.4	3.5	22.5	18.8	3.7	24.8	20.6	4.2	36.3	29.1	7.2
		スピンドル油	13.2	9.3	3.9	19.1	15.2	3.9	28.5	23.6	4.9	37.3	27.0	10.3	44.6	37.3	7.3
		モビール油	16.7	15.3	1.4	39.7	39.0	0.7	52.8	49.5	3.3	65.0	55.8	9.2	80.4	71.9	8.5

最初の 5 mm は 1 mm ごとに, その後は 5 mm ごとに試料軸受の内外輪それぞれの温度上昇を測定したのである。この場合, 測定箇所は外輪については, 外周面, 内輪については内周面である。

3. 実験結果

上述のようにして測定した結果は, 既報の場合と同様に, 各作動条件においていずれも始動後常に内輪の温度上昇の方が高く, 約 60 mm で内外輪ともその温度上昇が定常状態に達する。この定常状態における試料ころがり軸受の内外輪の温度上昇の測定値およびその差すなわち内外輪の温度差をまとめて表記すると第 1 表のようになる。またこれらの値を各試料軸受について回転数との関係として図示したものがそれぞれ第 1~3 図である。潤滑剤の種類および荷重条件については各図に付記してある。なお, これらの値のうち前報の場合と同じ作動条件でしかもその値が前報と異なるのは軸受試験機の軸受における潤滑条件の相違によるものと考えられる。

これらの図から明らかなように, いずれの場合においても内輪の温度上昇は外輪のそれより大であり, 内外輪の温度上昇は荷重, 回転数の増加とともに同じ傾向で増大するが, それらの傾向は軸受の種類および潤滑剤の種類によって多少相違する。特に高速回転の範囲においては温度上昇の回転数に従い増大する割合が大となる傾向をもち, この傾向は荷重の大なる場合において比較的明かである。このような傾向を示す原因としては, 潤滑剤が回転によって生ずる遠心力をう

第 1 図

第 2 図

第 3 図

けそのため潤滑不完全の状態を生ずることに主としてよるものと考えられ, したがって高速回転の場合には軸受の構造および潤滑剤の特性が比較的大きな影響をもつであろうことが推察される。

しかし, 本研究の目的である内外輪温度差の回転数による相違をみると, 回転数の大きなきほど大となり, その関係はほぼ直線的であると考えてよく, またこの関係は本研究における範囲内の作動条件のもとでは軸受の種類および潤滑剤の種類によってほとんど相違しないことも知られる。ただ, さらに高速回転の場合においては, ころがり軸受の種類や潤滑剤の種類による影響を—そう大きくうけるために, 潤滑方法とともにこれらによる相違が内外輪温度差にかなり強くひびいてくるのではないかと考えられる。

4. 結 言

以上の実験結果より次のことが結論される。

(1) 負荷容量内における単列深みぞ型玉軸受, 自動調心型玉軸受および円筒ころ軸受の内外輪温度上昇はいずれも内輪の方が高く, 回転数が増すとともに増大する。その増大の割合は, 荷重が大なる場合ほど大であり, 軸受の種類や潤滑剤の種類によってやや異なる。

(2) 定常状態におけるこれらのころがり軸受の内外輪温度差の値は回転数の増大に対してほぼ直線的に大となり, 軸受の種類や潤滑剤の種類の相違によってほとんど異ならない。

(3) 本実験において実測された内外輪温度差の値は前報の場合と同じく約 5°C 程度であり, 従来一般に信じられている値がほぼ正しいことがふたたび確認された。

なお, 本実験の実施に当って軸受試験機改造のための球面ころ軸受を提供された不二越鋼材工業会社, ならびに実験を手伝っていただいた長谷川嘉和, 佐々木茂, 松本弘, 貝原陸衛の諸君 (当時いずれも同志社大学学生) に対し深く感謝の意を表する。

注:—

(1) 昭和 28 年 11 月 3 日 京阪神臨時大会講演会において講演, 原稿受付 昭和 29 年 2 月 12 日。

(2)(3) 正員, 京都大学。

(4) 正員, 同志社大学。

(5) 佐々木, 小野, 外 2 名, 機械学会論文集, 17 巻 59 号 (昭 26), 27 ページ。

(6) 小林, 同志社工学会誌, 4 巻 1 号 (昭 28—6), 27 ページ。

621.831.01

平面, 円柱面または円すい面を歯形とする歯車の 包らる面グロバイドウォームのかみ合性質⁽¹⁾

佐藤 申一⁽²⁾, 福井 和雄⁽³⁾

Meshing Properties Between Gears with Plane, Cylindrical or Conical Teeth and Their Enveloping Worms

by Shinichi SATO and Kazuo FUKUI

The teeth of gears which are planes and their enveloping worms can be cut or ground by milling cutters or grinding wheels of simple forms. When the plane teeth of wheels are inclined properly to the wheel axes, the tooth-bearings on wheel teeth may be at the central portion of them. And the angles between axes of wheels and worms are selected properly, then the tooth-bearings may be made very wide.

The teeth of wheels may be made in cylindrical or conical surfaces. The tooth-bearings on the wheel teeth may be improved, if the surfaces are properly selected. When the teeth are concave conical, tooth-bearings will be the best, and when they are of circular arc form, they will be fairly good.

ヘンドレー形グロバイドウォームはウォームの歯を切削し, これと同形のホブをもつて歯車の歯を切削する。したがって歯車の歯面はウォームの歯面の包らる面である。これに反し歯車の歯を切削して (平歯車のように), これと同形の刃物でウォームを切削するときはウォームの歯面が歯車の歯形の包らる面となる。このようなウォームを包らる面ウォームと呼ぶ。この

ウォームのかみ合性質の数学的解析方法は前に発表した⁽⁴⁾。このとき歯車の歯形をその軸と傾いた平面とすると歯車もウォームもその歯面を共に簡単な外形のフライスまたはといしで切削または研磨ができる。歯車の歯の傾きをかえると歯面の上の当りの位置がわかり, 任意の位置で当てるようにできる。また歯車軸とウォーム軸の間の角を直角以外の適当の角に選ぶと歯