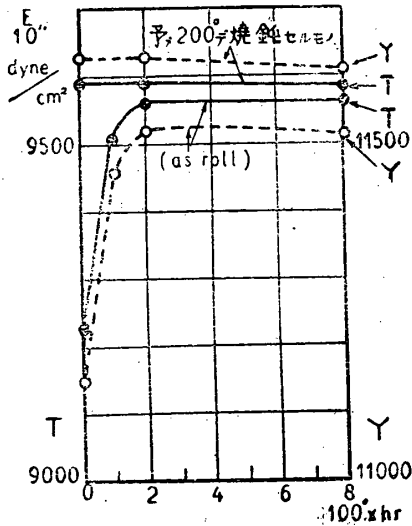


更に 100° で 1 時間, 更に 2 時間, 更に 8 時間と焼鈍し, その弾性率を測定すると, 第 3 圖の如くにな

真鍮板は調律前に約 200°C の低温焼鈍をすることにより, 少くとも材質に起因する音程の變化を防止し得

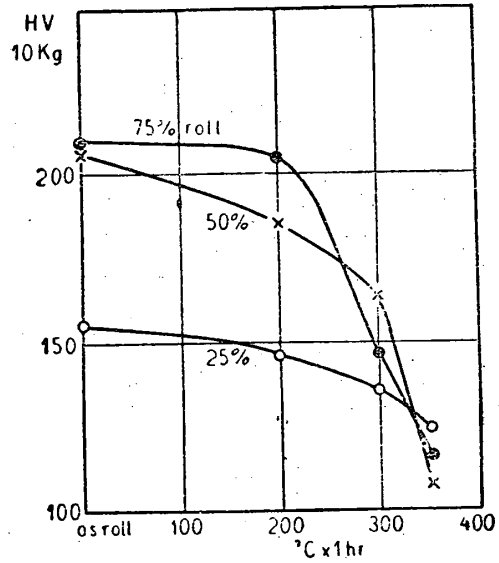


第 3 圖

る. 壓延状態のものは比較の爲同時に測定した. 壓延状態は, 約 2% の上昇を示しているが, 豫め 200° に焼鈍したものは, その後 100° に焼鈍しても變化がない. このことから, 豫め 200° に低温焼鈍しておけば常温に長時間放置しても弾性率に變化のないものが得られると思われる. 又低温焼鈍による硬度變化は第 4 圖に示す如く, 200°C 以上の焼鈍は硬度を低下させ過ぎ, 降伏點の低下が大きすぎる³⁾ から望ましくない.

4. 結論

以上の結果から, harmonica の reed に使用する



第 4 圖

ると考える.

尙本試験では Pb を添加していない板であるが, Pb 入真鍮に於ても, 同様な結果を示すことは, 金屬組織上から容易に想像し得る.

本測定に當つて, 鳥飼研究室の諸氏並びに小森進一雇員の勞を謝する.

文 献

- 1) 生産技術研究 第 2 卷, 第 1 號 26 頁
- 2) 小幡: 岩波全書“音”参照
- 3) 未發表.

グリースの摩擦と軸受のグリース潤滑

曾田範宗・宮川行雄・安川太郎

Friction of Greases and Grease-Lubrication of Ball Bearings

By Norimune Soda, Yukio Miyakawa and Taro Yasukawa

ABSTRACT : The friction and temperature characteristics of greases are analysed by stick-slip apparatus and the relations among the frictions, the mechanical transition temperatures, the drop points, the consistencies, the base oils and the soap properties of greases are obtained. As the result of experiments, the friction and the mechanical transition temperature of grease are found to have no correlation with the drop point or the consistency, but their correlation with the characteristic of the soap contained in it is clearly shown.

Experiments on the grease lubrication of high speed ball bearings are also carried out and the relations between the grease characteristics and the bearing performances are discussed.

(1950年9月10日受理)

まえがき

グリースは鐵油や脂肪油ないしは混合、混成油などよりも一般に遙かに複雑な成分と構造とをもっているが、その室温や高温における摩擦を支配する要素はどこにあるだろう。また軸受に用いた場合、その潤滑性能を支配する要素はどこにあるだろう。

たとえばグリースの滴下點はしばしばその耐熱性の一つの目安とされているようである。しかしその立場はいわばグリースの硬軟の急變という一つの物理的性質の轉移を目安にただけで、こうした高温におけるグリースの突然の軟化がグリース洩れ、その他の軸受の故障原因を作る場合のほか、潤滑効果そのものにおいてはたして滴下點を境に、それ以上の温度で急激に潤滑能力が低下するかどうかはおのずから別問題である。一般には滴下點以下においてすでにグリースは變質を生ずる場合が多いので、むしろ滴下點以上で使用することは好ましくなく、またそれはグリース潤滑の目的にもそわないのであるが、あたかも液體潤滑油において粘度と境界層の強さとかかならずしも平行的でないように、グリースにおいても稠度や滴下點と、その摩擦や薄膜の耐熱性、耐壓性の問題とはまつたく別個の立場で論ぜらるべきものではなからうか。

こうした立場で、若干のグリースについてその室温高温における摩擦性能をじつさいの摩擦實驗によつて測定し、またこれらのグリースで潤滑した玉軸受の性能をしらべ、これらの性能相互間の、またそれらの性能とグリースの稠度、滴下點、基油、金屬石鹼成分などとの關係をしらべた。

使用した試料グリースは種類が限られており、また研究室で純粋な原料を吟味して製造したものでないだけにその成分に若干不明確な點が残っているものもあるが、一應の結果をえたのでここに報告したい。

この研究に試料の提供、試作、その他の點で協力下さつた昭和石油 KKの品川研究所次長浦川信藏氏、ならびに同所高橋浩氏に厚く謝するしだいである。

實驗方法

摩擦實驗に用いた装置はすでに報告した “附着-

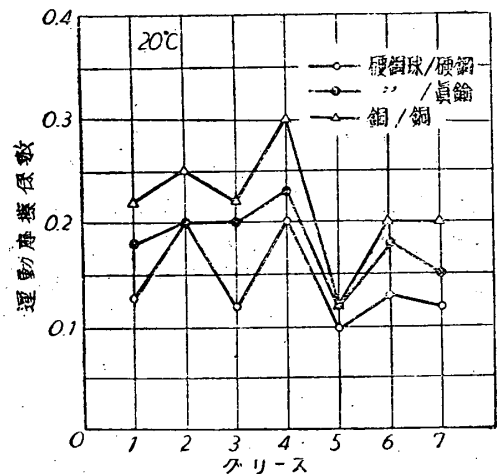
滑り” 解析装置¹⁾で、潤滑油のかわりに摩擦面にグリースをうすく塗附しただけの相異である。荷重は400g、速度は0.05mm/secの一定値におさえ、加熱装置、加熱方法もまえのままである。摩擦金屬の組合せにはつぎの三種をえらんだ。

- (a) 軸受用鋼球 (1/8")/硬鋼
- (b) 同上鋼球/眞鍮
- (c) 銅/銅

一般にグリースを摩擦面に塗附し、摩擦しながら摩擦面温度をあげてゆく場合、はじめは“連續滑り”の摩擦特性を示すが、ある温度に達すると急に“附着-滑り”に轉じ、その附近で摩擦もまた増大し、同時に摩擦痕もまた急に大きく荒れはじめる。この臨界温度がいわゆる機械的轉移温度で、この實驗ではこの機械的轉移温度をもつてグリース潤滑の一つの熱的限界點とした。軸受のグリース潤滑については實驗(3)でのべる。

實驗(1)

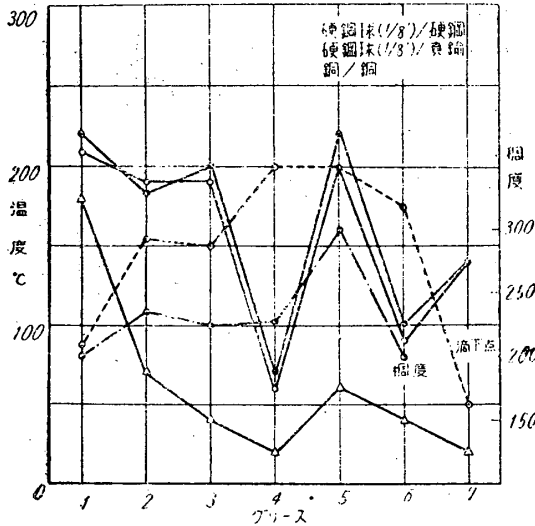
まず數種のグリースについて上にのべた方法でその摩擦と機械的轉移温度とを測定した。第1表に、使用したグリースの成分、用途などを一括して示した。使用したグリースの室温における摩擦係数は第1圖のとおりで、その機械的轉移温度をグリースの滴下點、稠度などと比較すると第2圖のようになる。



第1圖

第 1 表

番號	成 分			備 考
	鑛 油	脂 肪 分, そ の 他	金 屬 基	
1	140#タービン油(76%)	溜出脂肪酸	カルシウム	耐熱性, 映寫機シャフター用
2	20#モビール油	ひまし油, オレイン酸, 溜出脂肪酸(鉛1%)	ソーダ	極壓用, ころ軸受用
3	冷凍機油(76%)	ひまし油, 溜出脂肪酸	ソーダ	發電機用
4	冷凍機油(70%)	酸化パラフィン, 高級アルコール	ソーダ	高速用
5	—	—	—	米國製, 極壓用
6	—	—	—	米國製, 極壓用
7	—	—	—	藥用硬酸ワセリン



第 2 圖

兩圖にみるように, 各グリースごとにその摩擦係數や機械的轉移溫度にはかなりの開きが認められる。そして興味あるのは, この摩擦や轉移溫度は摩擦面の金屬組合せによつてかなり大きな差を示しながら, しかもそれらは互にはば平行的であることである。この點についてはすでに前報(1), (2) でくわしく論じたのでここにふたたびその理由の詳細をくり返さないが, 要するにそれは摩擦という機械的擾亂の大きい金屬組合せほど同一潤滑劑に對して摩擦は大きく, 機械的轉移溫度は低くあらわれるという一般法則がここにもまたあらわれているのであつて, いま試みに使用した金屬組合せに對する運動固体摩擦係數を測定すると第2表のようになり, やはり前報告の結論を裏づけているのである。そして圖から明らかなように, 摩擦や機械的

第 2 表

金 屬 組 合 せ	摩 擦 係 數
鋼 球 / 硬 鋼	0.5~0.6
鋼 球 / 真 鍮	0.5
銅 / 銅	1.5~1.6

轉移溫度とグリースの滴下點や稠度等との關連はまったく認められない。やはり摩擦や機械的轉移溫度はグリース成分の化學的性質に原因するものと思われ, ついで以下の實驗を行つた。

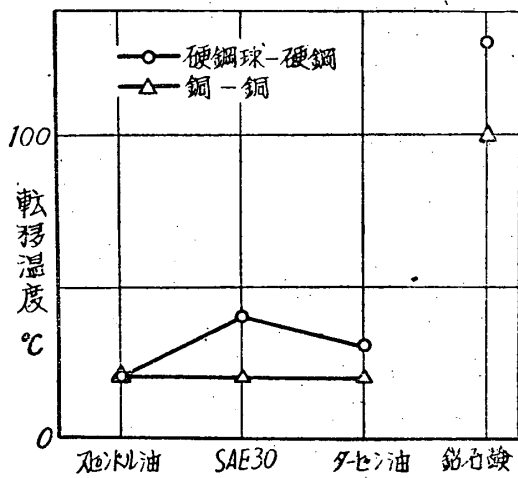
實 驗 (2)

グリースの主成分は鑛油と金屬石鹼である。鑛油の摩擦はふつう脂肪油や一般極性物質にくらべて大きくまたその機械的轉移溫度も低い*。事實溫度上昇にともなう摩擦の變化をみると, 鑛油においてはグリースよりもずつと低い溫度で“連續滑り”から“附着-滑り”に轉移する。すなわち第3圖に二三の市販鑛油の機械的轉移溫度を二種の金屬組合せについて測定した結果を示したが, 明らかに一般グリースのそれよりも低溫度である(第2圖參照)。

* 十分精製した一般鑛油は室温ですでに“附着-滑り”を生じ, 室温以上では少くも轉移溫度を示さない。しかし市販鑛油は一般に若干の極性不純物を含有し, 室温ではしばしば“連續滑り”を示すことがある。しかしそれも室温より少し溫度をあげただけでたちまち“附着-滑り”に轉ずるのがふつうである。

一方グリースの他の主成分である金属石鹼のそれはどうだろう。一例として最も有効な金属石鹼の一つである一種の鉛石鹼について測定した結果を同じ第3圖に示した。これは明らかに市販の一般鑛油よりもはるかに高い機械的轉移温度をもっている。また摩擦においても鉛石鹼をはじめ、一般に金属石鹼が鑛油よりもはるかに低い値をもつことは常識である。

こうした結果から、グリースに基油よりも低い摩擦と高い機械的轉移温度とを與えている原因はその石鹼分であることは明らかである。



第3圖

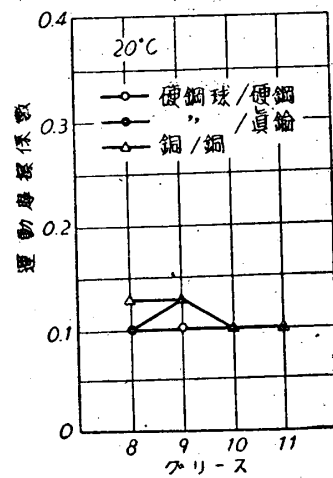
たとえば第1圖、第2圖においても、No.3, No.4の二種のグリースは、いずれも基油は同じ冷凍機油であるのに、摩擦係数や機械的轉移温度は圖のように大きく開いている。これなどもやはりグリースの摩擦や機械的轉移温度の相異が、主としてなかに含まれている金属石鹼の種類の違いによることを示すものである。製造者のなほしでは、No.4のグリースに用いた酸化パラフィンはあまり良質のものではなく、若干の不純物を含有する可能性があるようで、これなども實測にあらわれた摩擦や機械的轉移温度の相異の一つの大きな原因をなすものと考えられる。滴下點や稠度の高低大小が摩擦や機械的轉移温度に直接的な關連がなく、機械的轉移温度が滴下點より高いものも低いものも存在するなど以上論から推せば不思議のないことといえる。

さらに金属石鹼の効果を一そう確かめるために二種の鑛油と二種の金属石鹼とを組合せてつごう四種のグリースを作り、それらの摩擦と機械的轉移温度とについて同様の比較を行つた。この四種の試料グリースの成分は第3表のとおりで、實驗結果は第4圖、第5

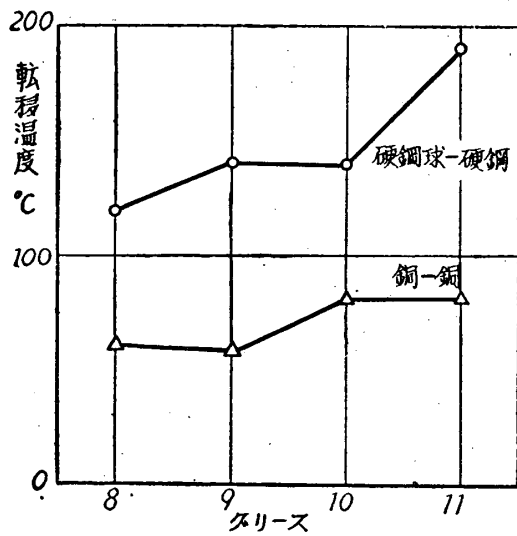
圖のとおりである。

第3表

番號	成分		
	鑛油	脂肪分	金属基
8	スピンドル油	ステアリン, 15%	カルシウム
9	140#タービン油	" , "	"
10	スピンドル油	パルミチン, 15%	"
11	140#タービン油	" , "	"



第4圖



第5圖

これらの圖もまた摩擦や機械的轉移温度が基油の相異というよりも、やはり金属石鹼の相異によつて規定されることをよく示している。すなわちこの場合グリースの摩擦や機械的轉移温度の性能を向上するために

は、基油をうんぬんするよりも、カルシウム石鹼をステアレートよりパルミテートにかえることの方がはるかに効果的だつたのである。

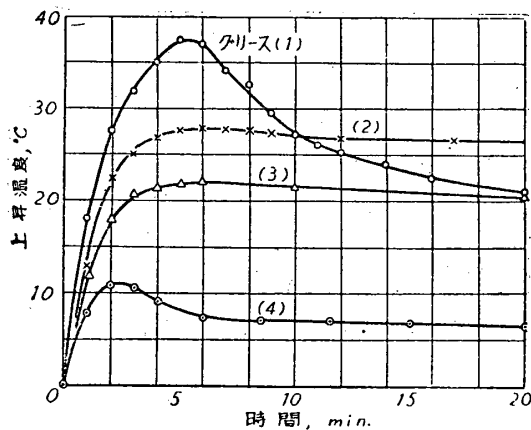
なおこれらの実験で金属組合せの影響がやはり大きくはいつてきているが、その理由は実験(1)でのべたことで明らかである。

実験(3)

以上の実験から、グリース潤滑における摩擦や機械的轉移温度が、本質的にはグリースの石鹼分の摩擦や轉移温度で決定されるものであり、その耐熱性においても稠度の大小や滴下點の高低は、まったく別の性質のものであることが明らかになつた。それでさらにつづいて實物の玉軸受によつてこれらのグリースの潤滑性能をしらべ、グリース自體の以上しらべてきた物理的、化學的諸性質との比較考察を行つた。

(a) 温度上昇の実験

6201# (内径 12 mm, 外径 32 mm, 幅 10 mm) のラジアル玉軸受に、比較的稠度のそろい、しかも滴下點、摩擦係數、機械的轉移温度などのかなり大幅に異つている(1), (2), (3), (4)の四種のグリースを同量ずつ充填し、13,000 rpmにおける時間と、内輪温度上昇(室温以上)との関係をもとめた。ただし軸受は外輪回轉で、ベルト張力のほか特別の荷重は加えていない。その結果を一括して第6圖に示した。なおこの曲線の傾向や順位は他の運轉條件に対してもほぼ同様だつた。



第 6 圖

正常な運轉条件における滑り軸受の温度上昇がほぼ粘度の大小に規定されることから、第6圖の温度上昇をまずグリースの稠度との比較において観察すると(第2圖参照)、上昇温度は稠度がほぼそろつているに

もかかわらず非常に大幅に相異なる。しかし全體の傾向として、回轉開始直後においては少くも稠度の低い(硬い)ものほど温度上昇も高いようにみえる。これは一般軸受における粘度の影響とほぼ一致した傾向で、回轉抵抗の大きいほど發生熱量もまた大きかるべきことから當然豫想されることである。しかしまもなく(1), (4)のグリースにおいて特異な現象がみられる。上昇温度は最大値に達してやがて逆に低下するのである(注意深く觀察すると、(2), (3)のグリースにおいてもやはりこの上昇温度の最大値があつて、それ以後はかえつて低下しているのがわかる)。

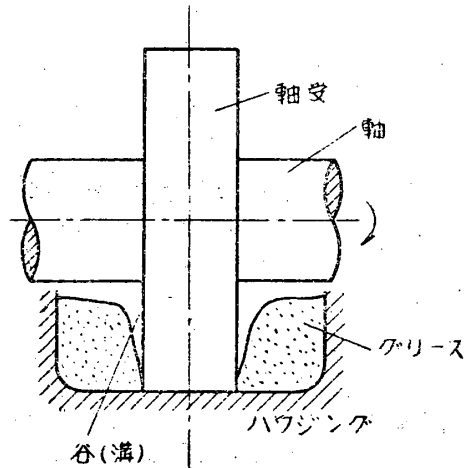
そこでこの温度上昇の問題を分析するために、グリースの摩擦係數をみよう。第1圖とこの温度上昇とを比較すると、一見して摩擦の大小がいまの場合の軸受の温度上昇になんら関係のないことがわかる。むしろ摩擦係數の著しく大きい(4)が、温度上昇が著しく小さいのである。かようにみると、グリース潤滑における軸受の温度上昇はグリースの摩擦係數の大小によつて規定されることは少なく、主として、軸受の回轉ともなうグリースの攪拌抵抗によるものであろうことが推定される*)。

では第6圖にもどらう。そもそも軸受の温度は軸受の發生熱量(單位時間)と發散熱量(單位時間)との平衡状態としてえられるものであるから、軸受温度がある時刻において低下しはじめるについては發生熱量が低下するか、發散熱量が増加するかのいずれかでなければならぬ。しかしこの場合外氣温度はほぼ一定であるから、前者の原因とみななければならぬ。そしてグリースの特質を考慮するとき、その原因の主なものとしてつぎの二つが考えられる。

(i) グリースの稠度が小さい(硬い)ため回轉によつて軸受回轉體内のグリースがしだいに外部に壓し

* グリースの摩擦が全然関係ない問題だという意味ではない。グリースの境界摩擦の大小は保持器とボールとの摩擦、ボールと内外輪との間の接觸滑り面、その他の滑り摩擦面で依然として大きな役割を果しているが、これらの點における發熱量が軸受の全發熱量にくらべて省略できる程度に小さいというえとを意味するにすぎない。しかも軸受自體の摩擦や焼付きはこれらの接觸滑り面でもつともしばしば起るのであるから、これはむしろ軸受の破損や摩擦の問題を論ずるに當つて軸受の温度上昇のみを測定することが、いかに安易無意味なことであるかを證明するものである。軸受の温度が高いことは、むしろ潤滑劑の壽命を短縮するのを防ぐために避けたいのである(文献3参照)。

だされたり飛散したりし、しかも硬いためにふたたび大量に回轉體内に流入することがなく、ために回轉體の附近だけ深くグリースの谷あるいは溝ができ、事實上グリースを攪拌することなく回轉すること(第7圖参照)。



第7圖

(ii) グリースはすべて回轉初めには半固體状であるが、攪拌によつて著しく稠度や見かけの粘度を減じその變化の大きさはしばしば液體滑潤劑における粘度變化の比ではない。従つたとえグリースを攪拌しているにしても、ある時間後急に攪拌抵抗を減じ、發生熱量(單位時間)を低下する。

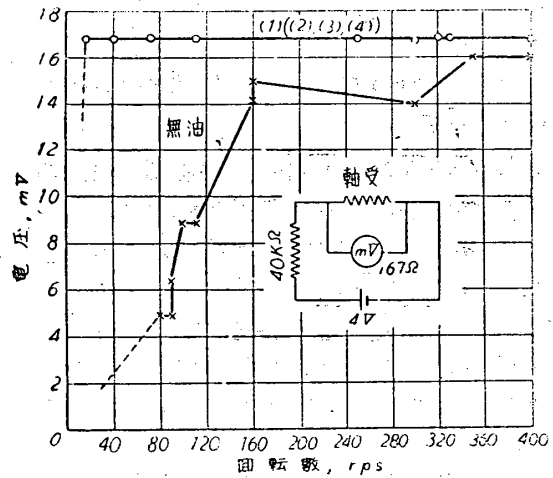
こうした考え方で實驗後玉軸受をとりはずして軸受内のグリースの性状をしらべた結果は興味あるものだった。すなわちグリース(1)を用いたものは使用後グリースがかたく乾燥状態に近い性状で軸受まわりに附着し、上の(i)にはほぼ近い有様であり、グリース(4)を用いたものは四種のうち最も軟化し、半液状態で軸受内にとどまつて、上の(ii)の場合にはほぼ近い條件の下にあつたのである。そして比較のため、おなじくシャッター用のあるグリースを用いたときは、回轉開始後10分にしてじつに上昇温度45°C(室温以上)にも達し、それ以後ほとんど温度を低下することなしに一定値を保つたのであるが、それは、實驗後分解してみたら、グリースは乾燥状態ではないが、比較的稠度を低下することなしに、攪拌されていたと思われる状態で軸受に附着していた。そしてこの異常に高い温度上昇は、やはりグリースの攪拌によることを想像させた。

以上のようにしてグリース潤滑玉(ころ)軸受の温度上昇は、グリースの境界摩擦の大小や機械的轉移温

度の高低によるのではなくて、回轉當初は主として室温時のグリースの稠度の大小によつて、また最終平衡温度は長時間攪拌後の、しかもその温度における稠度(または粘度)によつてほぼ規定されることが推定されるのである。かようにみると潤滑用グリースの選擇にあつては、たんに室温における稠度のみでなく、多数回の攪拌による稠度變化を十分に、またあらたな角度から検討反省する必要がある。第6圖における室温ではほぼ稠度を一にした四種のグリースの温度上昇の開きも、このように考えてくれば容易に理解できるのである。

(b) 油膜の形成状況について

E-5# マグネット型玉軸受(内径5mm, 外径16mm, 幅5mm)を用い、各種のグリースを使用して400 rps (24,000 rpm) 以下の各回轉速度における内外輪間の電氣抵抗(電壓降下)を測定して、軸受内の油膜の形成状況をしらべた。軸受を結合した回路と、その一つの測定結果を第8圖に示した。ただし使用したミリボルト計の内部抵抗は167Ωである。



第8圖

軸受をていねにガソリンで洗淨した上で組立てたままの状況は図の無油と記した曲線で示されている。これに比して、グリース(1)を用いたときは16 rps (1000 rpm) 程度以上では400 rps (24,000 rpm) までほとんど一定の抵抗を示した。そして他のグリース(2), (3), (4)を用いたときもこれと大同小異で、低速から高速までほとんど完全に油膜(境界膜)の形成されていることが示された。すなわちこの實驗には各種グリースの性状の相異がまつたくあらわれなかつたわけで、軸受のころがり面に形成される油膜がきわめて薄くとも、その抵抗は非常に大きいために、使用

後乾燥状態になりやすい(1) グリースでも、どろどろにとけやすい(4)でも、あるいはその中間的グリースでも、またその成分の相異にもかかわらず、いずれも事實上無限大に近い抵抗を示したわけである。

ただ一つこの実験で注目すべき事実が認められた。それは軸受を 400 rps 以上さらに 800~1000 rps (50,000 rpm~60,000 rpm) まで上昇させると、多くのグリースではしばしば油膜の破断を生じ、電気抵抗が甚しく低下したのであるが、そのあたりで回轉を再び低下させてゆくと、(1)、(2)、(3) のグリースはいずれもふたたび完全な油膜が形成され、回轉上昇時の直線をそのまま逆にたどつたのである。それが(4)のグリースに限つて何度実験をくりかえしても、一たび高速回轉時に油膜が破断すると、回轉を低下してもとの抵抗を回復しないのである。おそらく(4)グリースに限つてころがり面に大きな損傷を生じたためであつて、この點にあるいは(4)のグリースの摩擦が抜群に大きく、またその機械的轉移温度が抜群に低いことの缺陷があらわれたのではないかと考えられる。この點はなお追究する必要のある問題である。

討 議

(1) 玉軸受における潤滑剤の摩擦係数および機械的轉移温度の役割

以上の実験からみると、潤滑剤の摩擦係数や機械的轉移温度は軸受の温度上昇に直接的な関連はないようである。しかもじつさいの簡単な摩擦の実験では、明らかに摩擦の大きい潤滑剤ほど一般に摩擦面の荒れや摩擦は大きく、また機械的轉移温度をこえると急に摩擦や摩擦は増すのである。では摩擦の大きく、機械的轉移温度の低いものがかならずしも軸受の温度上昇が大きいということにならない理由はどこにあるだろう。それはすでにのべたように軸受の温度上昇の原因である軸受の全回轉抵抗に對し、軸受中の境界摩擦抵抗がきわめて小さいということである。いいかえれば軸受の回轉中におこる眞實滑り接觸部分が、豫想外に小さいということである。ではこうしたことから、玉軸受における潤滑剤の摩擦係数や機械的轉移温度は、まったく無意味な數値だろうか。けつしてそうではない。まえにものべたように、軸受の温度上昇と、軸受の焼付きや摩擦とはまったく別個の立場で考えられるべきもので、軸受の焼付きや摩擦がきわめてせまい局部的眞實接觸部分で進行するものである以上、この局部的眞實接觸部分の、摩擦特性を支配すべき摩擦係数

の大小と機械的轉移温度の高低とは、依然として焼付きと摩擦との性能を左右しているのである。たとえば実験(3)の(b)におけるグリース(4)の性状などこの點に關係が深そうである。そのおこる個所がきわめてせまいがゆえに、全體としての發熱に大きな影響を與えなかつたとて、それは關係のないことである。ただこの局部的な焼付きの核がかなり發達した段階に到ると、その發熱量が全發熱量のかなりのパーセントを占めるようになり、温度上昇の上にも影響をおよぼすようになるので、こうした状態ではすでに軸受面は完全に焼けただれていることは常識である。かよりにみると、軸受全體の温度上昇をもつて、軸受危険度の指示とすることは原理的に隔靴搔痒の感がふかく、むしろ不可能といつてよい程度のものである。

(2) グリース潤滑における速度係数の問題

ころがり軸受における速度係数(軸受内徑、mm×回轉數、rpm)は軸受指導書にいろいろ指示されているが、その數値は當然潤滑剤によつて若干變化すべきものである。そしてたとえば ABEC の指示でも回轉數(または速度係数)の増大にともなつて若干高粘度、硬稠度潤滑剤の使用さるべきことが示されている。これは速度係数の増大に伴つて攪拌作用がまし、温度も上昇するため、潤滑剤が低粘度、軟稠度になることを考慮した歸結として當然ではあるが、そこにはある限度が存在し、ある限度をこえるとむしろ逆の効果をあらわすことは注意すべきである。

すなわち油潤滑においては、ある速度係数をこえると、粘度の低下を補なう問題よりもむしろ軸受旋風による油の飛散を防止したり、發熱を防止して冷却をよくする方が問題が重要となり、逆に低粘度油を潤滑に強制的に供給する手段が用いられるのである。一方グリース潤滑においては稠度に限度があつて、いかに軟質のものをいかなる方法で用いても異常に大きな速度係数に對してはとつてい發熱を防止しきれないので、こうした軸受に對してはあらゆる指導書が軌を一にして油潤滑を推せんしているのである。いずれも根本的な思想においては同じである。ただこの速度係数の高い軸受のグリース潤滑に對して興味ある示唆を與えているのはカーミケルら⁴⁾の意見である。かれらによると、速度係数が 200,000 をこえる場合* は、稠度

* ふつうのグリース潤滑に對する許容速度係数は 100,000~160,000 とみてよい。われわれの実験では 156,000 (特別の場合には 250,000) まで運轉している。

においてきわめて安定性のよいグリース、すなわち攪拌による稠度變化のきわめて少ないグリースを使用する必要があるというのである。その思想は、高速において低稠度になると油膜もろすくなり、一方攪拌による發熱も増大するので、高速においてもなお相當の稠度を保つようなものを用いて軸受まわりに溝(channel)を作らせ、グリースは粒子状態で(けつしてどろどろのものをかきまわすのではなく)軸受面に供給させるというのである。

この考え方はわれわれの實驗結果とよく符合し、硬稠度のグリースほど温度上昇の少なかつたこと、ならびにそれに對するわれわれの解釋とも一致する。ただこのさい依然として注意しなければならないのは、潤滑剤の供給が少ないだけに温度は低いが油膜の破斷する機會はあるいは多いのではないかということ、この點は油量と温度とがそれぞれ油膜の破斷におよぼす綜合効果として兩者を十分にらみあわせた上で判断しないと、輕々しく斷定できないことである。

總 括

軸受のグリース潤滑の機構を明らかにする目的で、はじめにまず性状の明らかな數種のグリースについてくわしい摩擦の實驗を行ない、その摩擦、機械的轉移温度と、グリースの滴下點、稠度、基油、石鹼などとの關連をしらべた。その結果、摩擦や機械的轉移温度は、グリースの滴下點や稠度にはまったく關係なく、

もつばら石鹼成分の性質によつて支配されていることが明らかになつた。このさい、摩擦金屬の組合せの影響はまったく液油を潤滑剤に用いたときとおなじ形であらわれた。

ついでじつさいの玉軸受のグリース潤滑性能と、これらのグリースの諸性状との關連をしらべたが、その温度上昇性能は、グリースの境界摩擦性能や室温稠度とはまったく無關係にあらわれ、軸受の温度上昇はおそらくグリースの攪拌の履歴と温度とによつて決定される運轉時のじつさいの稠度または粘度によつてきまることが推定された。しかも摩擦や機械的轉移温度は軸受の温度上昇を決定こそしないが、やはり局部的儗り摩擦部分の性能を決定する要素として、軸受の燒付きや摩擦に對しては依然としてもつとも決定的な要素であろうことを推定した。

さいごに軸受のグリース潤滑に對するグリースの選擇について一つの基本的な考え方を示した。

なおこの研究には、文部省科學試驗研究費の補助をうけたことを附記する。

文 献

- 1) 曾田範宗、宮川行雄：東大理工研報告，2 (1948)，23。
- 2) 曾田範宗：機械の研究，1 (1949)，227。
- 3) 曾田範宗：同上，2 (1950)，589。
- 4) E.S. Carmichael and R.C. Robinson：Mech. Eng.，72 (1950)，137。

土の突固め試験について (II)

久野 悟郎

On the Compaction Test of Soil, 2nd Report

By Goro Kuno

ABSTRACT : Compaction tests of loamy soil by the dynamical method, the measurements of electric conductivity, unconfined compression tests and the measurements of shrinkage were performed simultaneously.

Though we get the disturbed soil by crushing, we can expect that the essential element of the undisturbed soil which we wish to call as "undisturbed element" may remain in the sample. The amount of the undisturbed element will be lost by drying and it may have influence upon the results of various experiences performed.

When we compact the air-dried soil with definite compactive effort, it is recognized that