

## スラスト玉軸受のフレッチング摩耗特性に及ぼすグリース増ちょう剤の影響

## The Effect of Grease Thickener Type on Fretting Wear Characteristics of Thrust Ball Bearings

出光興産（正）\*中島 聡,（正）藤浪 行敏

So Nakajima\*, Yukitoshi Fujinami

\* Lubricants Research Laboratory, Idemitsu Kosan Co., Ltd.

## 1. 緒言

フレッチング摩耗は、接触する2つの物体間の揺動が繰り返されることで接触面に微小な損傷が蓄積し、材料が破損する現象である。自動車や産業機械の様々な分野の転がり軸受にグリース潤滑が適用されており、揺動する環境においては機械面・グリース面からのフレッチング摩耗防止対策が必要となる。軸受設計からの対策としては、軸受の隙間の調整、レースの溝半径の拡大が報告されている<sup>1)</sup>。グリースに着目すると、基油粘度が低く離油度が高いほど、接触点に基油が供給され、フレッチング摩耗特性が向上すると報告されている<sup>2)3)</sup>。また、ウレアグリースの増ちょう剤粒子径を小さくすることでフレッチング摩耗特性が向上する可能性が示唆されている<sup>4)</sup>。フレッチング摩耗のみに着目した場合、基油の低粘度化が対策の手段となり得るが、基油粘度は油膜保持あるいは金属接触防止の観点で選定すべきものであり、実用的には基油粘度・離油度・その他の手法も含めた対策が必要となる。本報では基油を同一とした増ちょう剤の異なるリチウムセッケン系・ウレア系の各種グリースについて、フレッチング摩耗特性の違いを検証した。また、フレッチング摩耗防止には接触点へのグリースそのものの供給が関連している可能性を考慮し、レオロジー特性として貯蔵弾性率  $G'$ 、損失弾性率  $G''$  を測定し、グリース流動性の面から考察した。

## 2. 供試サンプル

供試グリースの増ちょう剤には A: Liセッケン, B: Liコンプレックスセッケン, C: 脂環式-脂肪族ジウレア, D: 微細化した脂環式-脂肪族ジウレアを用いた。増ちょう剤の影響に着目するため、基油はポリアルファオレフィン (PAO: VG 100) で統一し、混和ちょう度は 265~295 (NLGI No.2) とした。グリース増ちょう剤の粒子径 (メディアン径: D50) は島津製作所製の SALD-7500nano を用いて測定した値を掲載した。

Table 1 General properties of sample greases

Test Items	Sample A	Sample B	Sample C	Sample D
Thickener type	Lithium soap	Lithium complex soap	Alicyclic - aliphatic diurea	Alicyclic - aliphatic nano diurea
Thickener content, mass%	11	18	10	12
Base oil type	Poly- $\alpha$ -olefin			
Oil viscosity@40°C, mm <sup>2</sup> /s	100.2			
Additives	Anti-oxidant			
Worked penetration (RT)	271	268	268	287
Dropping point, °C	206	252	260<	260<
Oil Separation, mass%	1.5	0.9	0.1>	0.6
Thickener median size / D50, $\mu$ m	5.2	10.3	25.4	1.9

## 3. 実験方法

## 3.1. フレッチング摩耗試験

フレッチング摩耗試験の主要部品図を Figure 1 に、試験条件を Table 2 に示す。試験軸受を上下に2個固定し、ベアリングシートを揺動させて所定条件で摩耗試験を実施した。試験後軸受のレースの摩耗量の平均値で比較した。

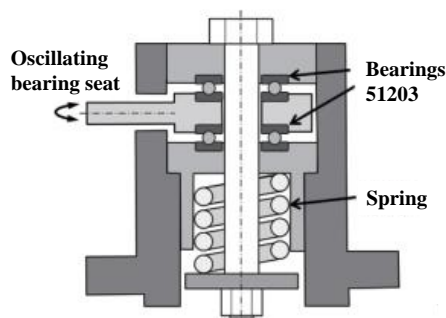


Figure 1 Schematic image of fretting wear test apparatus

Table 2 Fretting wear test conditions

Bearing	51203
Grease amount	1.0 g
Load (Hertzian pressure)	2940N (0.9GPa)
Frequency	25Hz
Oscillation angle	$\pm 6^\circ$ ( $\pm 1.05$ rad)
Temperature	RT
Test duration	1, 5, 10, 22h

### 3.2. レオロジー測定

Anton Paar 製の粘弾性測定装置を用いて貯蔵弾性率  $G'$ 、損失弾性率  $G''$  を測定した。測定条件を Table 3 に示す。グリースは  $G''/G' < 1$  では弾性体に近い挙動を  $G''/G' > 1$  では粘性体に近い挙動を示すことが知られており、本報では  $G''/G'=1$  となるグリースのせん断応力を flow point:  $\tau_f$  とし、各グリースサンプルの流動性の指標として比較した<sup>5)</sup>。

Table 3 Rheological property test conditions

Apparatus	Anton Paar MCR 302
Plate	φ25 Parallel plate
Gap	1.0 mm
Temperature	25°C
$\omega$	10rad/s
Strain	0.01 – 1000%

## 4. 実験結果と考察

### 4.1. フレッチング摩耗試験結果

供試サンプルのフレッチング摩耗試験結果を Figure 2 に示す。特に Sample B, C の摩耗量が経時的に増加する傾向がみられた。22 時間後の摩耗量を比較すると、Sample C (ジウレア) が最も多く、Sample D (微細化したジウレア) が最も摩耗量が少なかった。

### 4.2. レオロジー測定結果

各グリースの  $\tau_f$  の測定結果を Figure 3 に示す。Sample C が最も大きく、次いで Sample B, A, D の順となった。この結果は Table 1 に示すグリースの粒子径 (メディアン径: D50) と一定の相関があり、増ちょう剤サイズが小さいほど小さい応力で弾性体から粘性体へ移行する可能性が示唆された。

### 4.3. フレッチング摩耗とレオロジーに関する考察

各グリースサンプルの  $\tau_f$  とフレッチング摩耗量 (22 時間後) の結果をプロットしたものを Figure 4 に示す。先行研究において基油粘度が低く、離油度の大きいグリースほどフレッチング摩耗防止に効果的であることが示されている。今回の結果では、同一基油のグリースで比較した場合、グリース粒子径が小さい程グリースの  $\tau_f$  が小さくなり、フレッチング摩耗量も減少する傾向となった。これはリチウム系・ウレア系といった増ちょう剤種に依らず、グリースの流動性を高めることで接触点へ油・グリースが供給されやすくなり、耐フレッチング特性が向上する可能性を示すものであると考える。

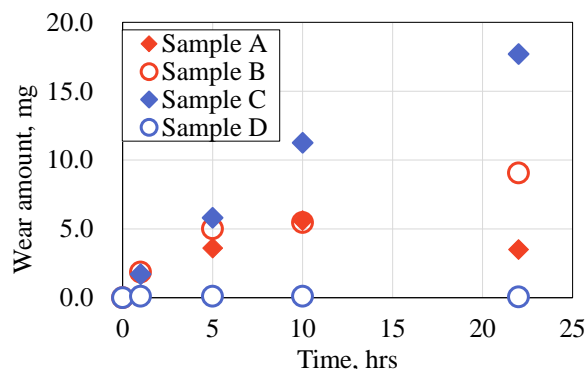


Figure 2 Fretting wear test results for each grease

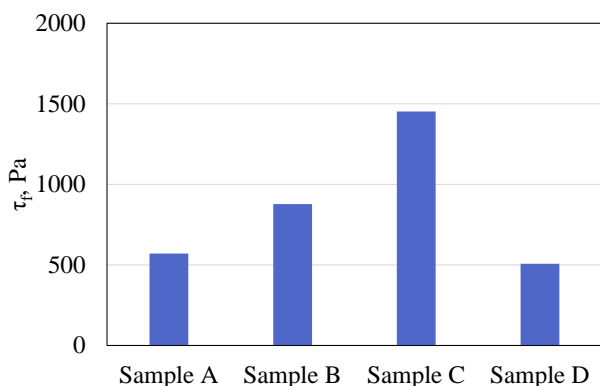


Figure 3 Flow point  $\tau_f$  of each grease sample

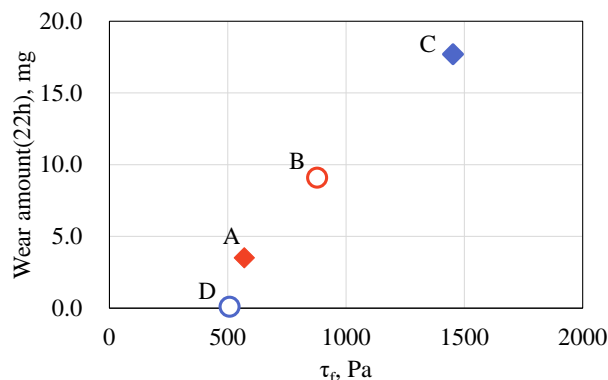


Figure 4 Correlation between flow point  $\tau_f$  and fretting wear amount of sample A~D

## 5. 結言

基油および増ちょう度グレードが同一のリチウム系・ウレア系のグリースにおいて、増ちょう剤粒子が小さく  $\tau_f$  の小さいグリースほど、フレッチング摩耗特性に優れるという知見が得られた。今後、粒子径サイズの制御がフレッチング摩耗対策の手法の1つとなることが期待される。

## 文献

- 1) 其俊,志摩政幸,相原了,山本隆司,佐藤準一: 転がり軸受のフレッチング摩耗に関する研究 (第6報) トライボロジスト, 42, 6 (1997) 470.
- 2) 喜多武勝,山本雄二: 揺動スラスト玉軸受におけるリチウム石けんグリースの耐フレッチング摩耗特性, トライボロジスト, 42, 6 (1997) 492.
- 3) 丸山泰右,齋藤剛: 油およびグリース潤滑下におけるフレッチング摩耗防止メカニズムの違い, トライボロジスト 56, 12 (2011), 788.
- 4) 渡邊剛, 関口浩紀: ウレアグリースのフレッチング摩耗特性, トライボロジー会議 2017 秋(高松)予稿集.
- 5) A.J. Abou-Kassem et al.: A review of methods used for rheological characterization of yield-power-law (YPL) fluids and their impact on the assessment of frictional pressure loss in pipe flow, Geoenergy Science and Engineering, 229 (2023), 212050