

増ちょう剤サイズが転がり接触下におけるウレアグリースの流動状態に及ぼす影響
Effect of Thickener Sizes on Flow Behaviors of Urea Greases in the Rolling Contact Area

関東学院大・院（学）*中溝 駿介 関東学院大・院（学）石井 亮太 ENEOS（正）酒井 一泉
ENEOS（正）泉 徹 関東学院大・院（学）三和 怜央 関東学院大、早大（正）宮永 宜典
Shunsuke Nakamizo*, Ryota Ishii*, Kazumi Sakai**, Toru Izumi**, Reo Miwa*, Norifumi Miyanaga*, ***
*Kanto Gakuin University, **ENEOS Corporation, ***Waseda University

1. はじめに

転がり軸受にはグリース潤滑が多く利用されており、軸受性能はグリースに含まれる増ちょう剤の影響を受けることが知られている。また、転がり軸受のトルクは、軸受内部、特に接触領域やその近傍でのグリースの流動状態が影響することが知られている^{1),2)}。これらの背景から、グリースの流動状態に関する研究³⁾はさまざまに行われており、それらの知見を用いてグリースを最適化することにより、軸受性能の向上が期待されている。

著者ら⁴⁾はこれまでに、増ちょう剤種が異なるウレアグリースについて、接触位置後方の軌道面におけるグリースの流動状態をPIV（Particle Image Velocimetry）により評価する手法を開発し、その有効性を示した⁴⁾。本報では、転がり接触部の近傍に対して本手法を適用し、増ちょう剤種および増ちょう剤サイズが異なるウレアグリースの流動状態を検討したので、それらの結果について報告する。

2. 実験方法
2.1 実験装置及び方法

本実験では Ball-on-Disk 型の装置を用いた。Figure 1 に実験装置の概要を示す。Disk の下面にグリースを塗布し、Ball と Disk とを回転させて、転がり接触を再現した。Ball には直径 22mm の SUJ2 球を、Disk には直径 105mm、厚さ 12mm のサファイアガラスを用いた。Ball と Disk とは異なるモータにより駆動した。Ball と Disk の周速はともに 200mm/s とした。Disk が任意の周回数に達した時点で各モータの回転を停止させた。Ball と Disk との接触力は 50N とした。

Disk を通して、接触部近傍を高速度カメラにより撮影した。フレームレートは 4000fps とした。撮影した画像のうち、回転を停止する直前の 4000 枚分について PIV 解析を行った。

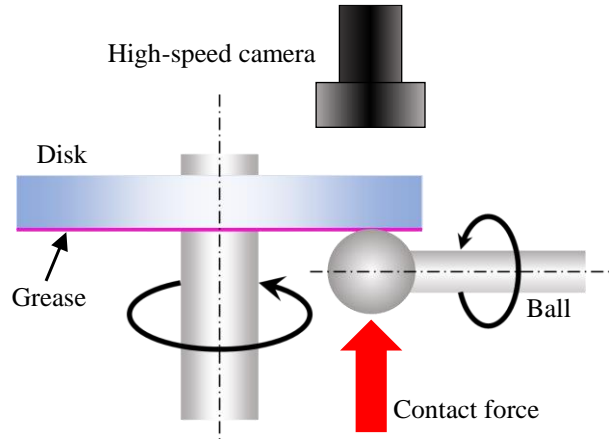


Fig. 1 Experimental apparatus

2.2 供試グリース

Table 1 に供試グリースの性状を示す。基油は Poly- α -olefin (PAO) で統一し、増ちょう剤には、脂環式ウレア (C6)、脂肪族ウレア (C8)、脂肪族ウレア (C18) の 3 種を用いた。Table 1 における UG-1、UG-2、及び UG-3 については、増ちょう剤のサイズは不揃いであり、粒径が大きいものも存在する。一方、UG-1-S、UG-2-S、及び UG-3-S については、高圧なロールミル処理により全ての増ちょう剤サイズが 10 μ m 以下となっている。なお、PIV 解析を行うため、すべてのグリースには平均粒径 3.5~4.5 μ m のトレーサ粒子を 0.2mass%混ぜた。

Table 1 Sample greases

| Test items | | UG-1 | UG-1-S | UG-2 | UG-2-S | UG-3 | UG-3-S |
|--------------------|------------|------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| Base oil | | Poly- α -olefin (PAO) | | | | | |
| Thickener | Urea type | Alicyclic urea (C6) | | Aliphatic urea (C8) | | Aliphatic urea (C18) | |
| | Content, % | 15 | 11 | 10 | 10 | 25 | 15 |
| | Size | Various | Fine (<10 μ m) | Various | Fine (<10 μ m) | Various | Fine (<10 μ m) |
| Worked penetration | | 268 | 280 | 290 | 267 | 286 | 322 |

3. 実験結果及び考察

3.1 光学顕微鏡による増ちょう剤観察

各グリースの光学顕微鏡による観察画像を Fig. 2 に示す。いずれも撮影倍率は 10 倍である。UG-1, UG-2, 及び UG-3 は増ちょう剤のサイズが不揃いであり、大きいものでは $100\mu\text{m}$ 以上の増ちょう剤の塊が観察できた。増ちょう剤の塊は、増ちょう剤量が最も多い UG-3 で多く見られた。一方、UG-1-S, UG-2-S, 及び UG-3-S では、増ちょう剤の塊はほとんど存在せず、増ちょう剤のサイズは一樣であった。

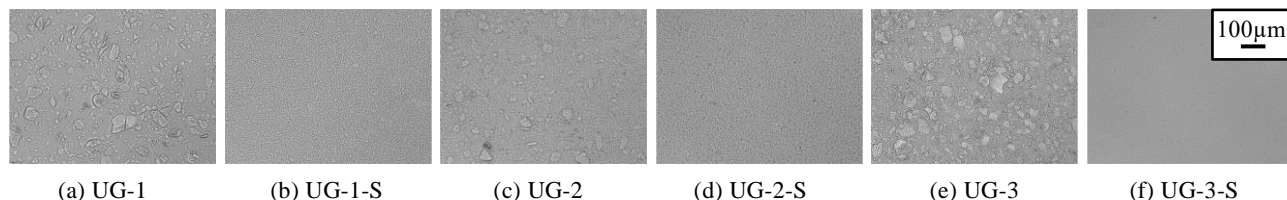


Fig. 2 Observation images of sample greases

3.2 PIV 法による流動状態の観察

Figure 3 に結果の一例として、UG-2 及び UG-2-S において、ディスクが 50 周した後の接触部近傍の画像を示す。Ball によってかき分けられたグリースのうち、それらの大部分は接触部から左右に離れて堆積し、外側と内側に 2 列のサイドバンドを形成した。増ちょう剤サイズが小さな UG-2-S の内側のサイドバンドは、UG-2 のそれよりも太く残っていた。なお、UG-1 と UG-1-S, 及び UG-3 と UG-3-S では、このような増ちょう剤のサイズによるグリースの流動状態の違いは見られなかった。

Figure 4 に PIV 解析によって得られた、UG-2 及び UG-2-S の x 方向の流速 u を示す。なお、Fig. 3 中の $y=0.5\text{mm}$ と $y=-0.5\text{mm}$ の位置での流速を示している。いずれの位置でも、流動しているのは内側のサイドバンド付近に存在するグリースであり、外側のサイドバンドに堆積したグリースはほとんど流動していなかった。Figure 4 の赤で囲った部分では、前方では接触部へ流入している流れを、後方では接触部から流出される流れがあることがわかる。前方と後方のいずれにおいても、UG-2-S の方が接触部に流入、又は流出するグリースの流速が大きくなった。

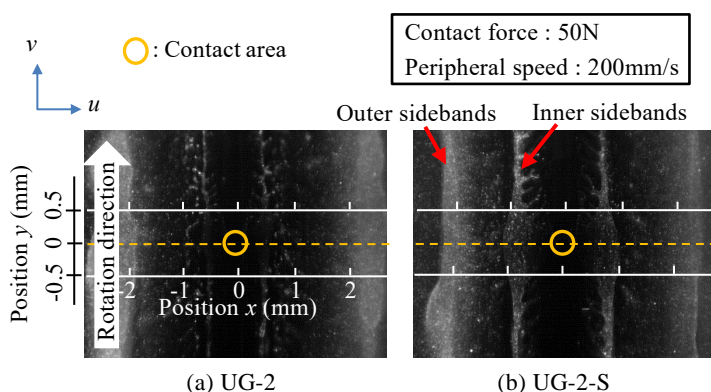


Fig. 3 Observation images of grease behaviors after 50 laps

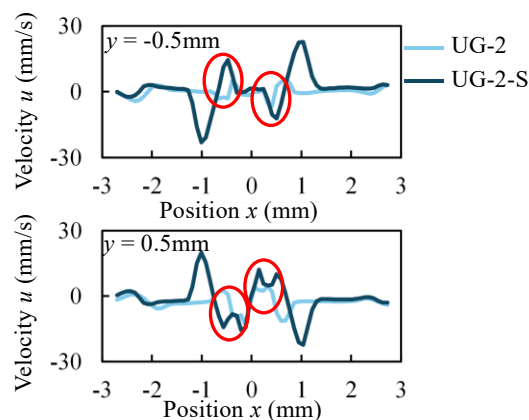


Fig. 4 Velocity profiles of grease flow after 50 laps

4. まとめ

Ball-on-Disk 型の装置において、転がり接触部近傍でのグリースの流動状態の可視化、及び PIV 解析を用いたグリース流速の算出を行った。脂環式ウレア (C6) と脂肪族ウレア (C18) は増ちょう剤サイズを小さくしても変化はなかったが、脂肪族ウレア (C8) は、増ちょう剤サイズが小さくなると、内側のサイドバンドが太く残り、サイドバンドから接触部へ流入する、又は接触部からサイドバンドへ流出するグリースの流速が上昇した。

文献

- 1) 新田・津田・新井・坂本・酒井：転がり軸受のトルクにおけるジウレアグリースの粘性移行応力と増ちょう剤分子構造の影響，トライボロジスト，61，10 (2016) 699.
- 2) 星野：グリースの流動特性と転がり軸受におけるトルク (第 1 報) —低速，低温におけるトルク特性—，潤滑，25，8 (1980) 547.
- 3) 外尾：転がり軸受におけるグリースの挙動の評価技術，トライボロジスト，65，(2020)，543.
- 4) 伊木・酒井・星野・佐藤・西澤・三和・宮永：PIV 解析を用いた軌道面でのグリース流動状態の観察，トライボロジスト，67，10 (2022)，727.