

ボールジョイントにおける樹脂 - 金属間のトルクに及ぼすグリース潤滑の影響

Effect of grease lubrication on torque between resin and metal in ball joints

出光興産(株)営業研究所 (正)*渡邊 剛 (正) 隠田 圭典 (非) 桂田 康平

Go Watanabe, Keisuke Inda, Kohei Katsurada

Lubricants Research Laboratory, Idemitsu Kosan Co., Ltd

1. はじめに

ボールジョイントは自動車の操舵に関わる重要部品である。潤滑形態としては、すべり潤滑であり、ボールスタッドの球部分とベアリングシート間が摩擦運動する。ここにグリースが使用されており、この摺動部に発生する摩擦力が走行時のフィーリングに影響すると言われている。故に、ボールジョイント内での潤滑状態や摩擦特性を知ることが重要である。しかしながら、摩擦特性に関して、テストピースを用いた試験ではボールジョイント摩擦状態の再現が難しいと言われており、ラボ評価での研究報告事例は少ない。

そこで、本報では、上記ボールジョイントでの摩擦特性評価に着目し、増ちょう剤種類、ちょう度、基油動粘度が異なるサンプルを準備し、オリジナル試験装置（以下、ジョイント試験機と記載）を用いた新規ラボ評価法にて測定したボールジョイントにおける樹脂 - 金属間のトルクに及ぼすグリース潤滑の影響について報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

供試グリースは、基油としてポリアルファオレフィン (PAO; 400mm²/s@40℃) を用い、Li グリース及び脂肪脂環ウレアグリース (高せん断法²⁾) を製造した (Table. 1). 増ちょう剤量を 3.0~8.0wt% で調整し製造することで、NLGI No. 00~No. 2 となる供試グリースを得た (Table. 2). また、基油動粘度の異なるサンプルに関しては、PAO (60mm²/s@40℃) 及びエチレンプロピレンオリゴマー (2,000mm²/s@100℃) にて基油動粘度を調整し製造した (Table. 3). 尚、添加剤の影響を排除するため添加剤は無添加とした。

Table.1 Sample greases 1

Thickener	Thickener content, wt%	Kinematic viscosity, mm ² /s	Penetration (60W, 25℃)
Li soap	12.5	400	293
Urea	8.0	400	280

Table.2 Sample greases 2 (Urea)

Thickener content, wt%	kinematic viscosity, mm ² /s	Penetration (60W, 25℃)
3.0	400	410
4.0		371
5.2		339
8.0		280

Table.3 Sample greases 3 (Urea)

Thickener content, wt%	kinematic viscosity, mm ² /s	Penetration (60W, 25℃)
7.2	200	285
7.3	400	280
6.0	1000	275
5.6	1700	276

2.2 評価

ボールジョイントのトルクは Fig.1 のイメージで示すジョイント試験機を製作し、起動トルクと定常トルクを測定した。また、グリースの増ちょう剤繊維の観察は透過電子顕微鏡 (TEM) で、レオロジー特性は粘弾性測定装置 (Anton Paar, Physica MCR301) で、油膜厚さ測定は EHL 油膜厚さ測定装置 (PCS Instrument) で評価した。

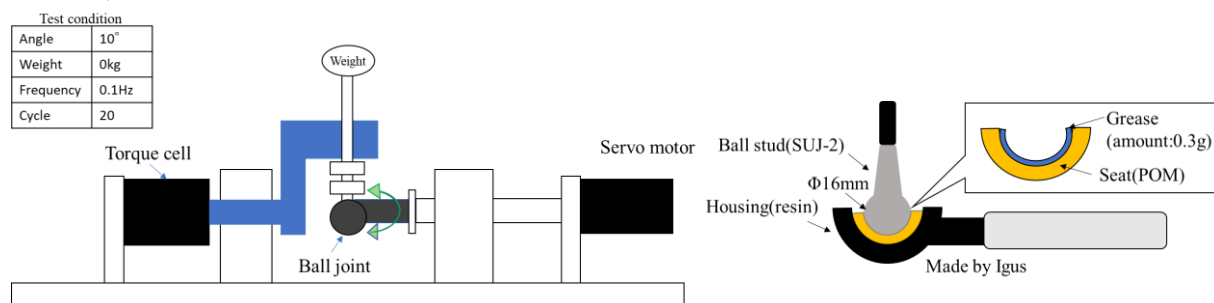


Fig.1 Ball joint tester and ball joint cross section

3. 実験結果及び考察

3.1 増ちょう剤種類の影響

Li グリース及びウレアグリースに関するジョイント試験機の測定結果を Fig.2 に示す。各温度における評価は、試験片を恒温槽内に 1 時間静置した後に素早く試験機に取り付けることで実施した。その結果、ウレアグリースは Li グリースに比べ、各温度におけるトルク変化量が少ないことから、温度依存性が小さいと言える。これは、増ちょう剤の繊維構造に起因すると推定している。Fig.3 に TEM 画像を、Fig.4 に粘弾性測定装置による -40℃における速度一定下で

のせん断応力測定結果を示す。Fig.3 より高せん断法で製造したウレアグリースは Li グリースに比べ短繊維であるが故に、増ちょう剤繊維が潤滑面に入り込み易く、小さなせん断応力でも流動性に優れるため、 -40°C の低温下でもジョイントトルクが悪化しにくかったと推定している。また、 80°C の高温下ではウレアグリースの特長の一つである耐熱性が寄与し、 25°C 下と変わらないトルク特性を示したと考えられる。

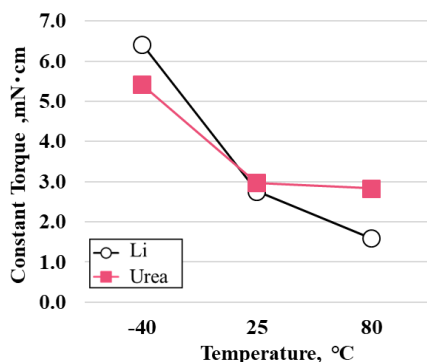


Fig.2 Joint tester results 1

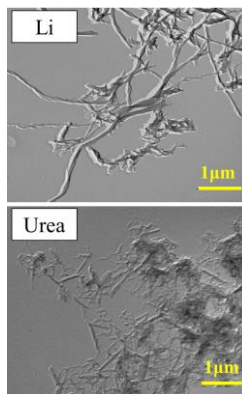


Fig.3 TEM observation

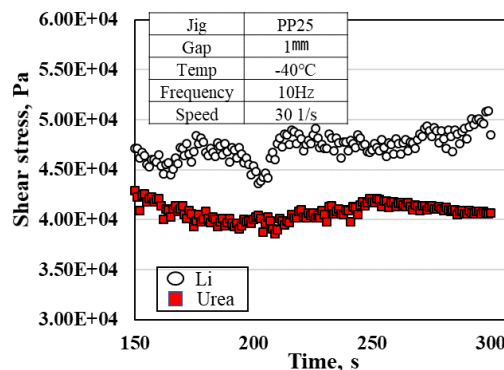


Fig.4 Rheometer results

3.2 ウレアグリースちょう度及び基油動粘度の影響

ジョイント試験機のトルクとちょう度の関係を Fig.5 に示す。Table.2 に示す硬さの異なるサンプルについて評価した。その結果、NLGI No.00 の軟質グリースはトルクが上昇した。

次に、ジョイント試験機のトルクと基油動粘度の関係を Fig.6 に示す。供試グリースは、Table.3 に示す基油動粘度の異なるサンプルを用いた。その結果、 $200\text{mm}^2/\text{s}@40^{\circ}\text{C}$ であるサンプルのトルクが最も高くなった。この要因は、樹脂 - 金属間の潤滑面に介在しているグリースの油膜厚さに起因すると推定している。

一般的に、軸受トルクであれば、基油動粘度は低粘度である程トルクは低くなる傾向があると言われている³⁾。しかしながら、ジョイント試験機によるトルク評価にはそれが当てはまらなかった。そこで、油膜厚さに着目し、測定した。ボールジョイントの摩擦速度は球面の摩擦のため、部位によって異なり $0\sim 50\text{mm/s}$ と幅広いことが報告されている¹⁾。故に、測定条件として比較的低速である $0\sim 10\text{mm/s}$ にて評価した。結果を Fig.7 に示す。軟質グリースや低基油粘度グリースは他の供試グリースと比較し、油膜が薄いという結果になった。本評価におけるトルク特性を摺動部の摩擦係数とみなすと、ストライバック線図でいうところの混合潤滑状態にあると考えられる。軟質グリースや低基油粘度グリースのトルクが高くなったこと、それらグリースの油膜が薄かったことから樹脂 - 金属間の接触面積が増加し、境界潤滑状態に近付いた為、トルクが上昇したと考えられる。

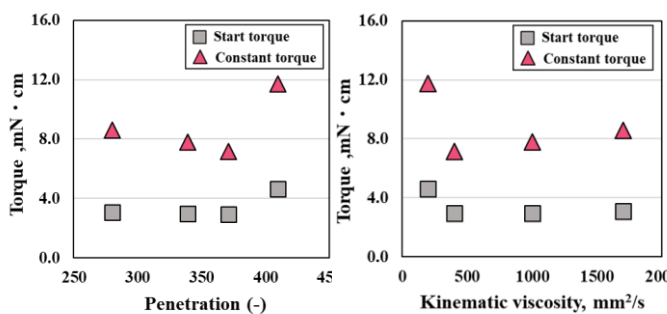


Fig.5 Joint tester results 2

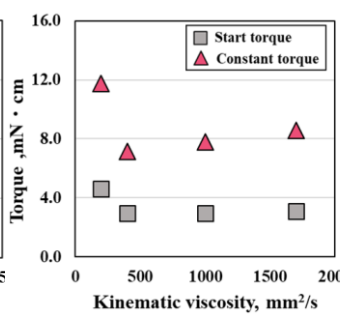


Fig.6 Joint tester results 3

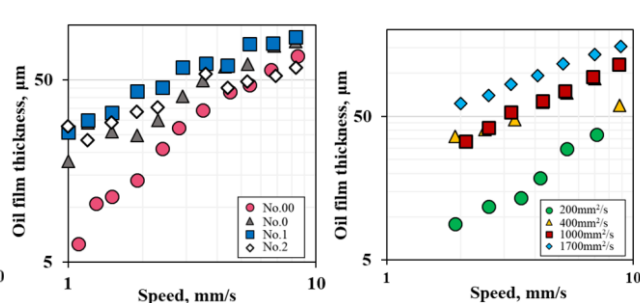


Fig.7 Oil film thickness results

4. まとめ

ジョイント試験機を用いて、ボールジョイントにおける樹脂 - 金属間のトルクに及ぼすグリース潤滑の影響について研究し、以下のことを明らかにした。

- 1) 高せん断法で製造したウレアグリースは Li グリースに比べ、トルク特性の温度依存性が小さい。
- 2) トルク特性は、ちょう度及び基油動粘度に影響され、軟質 (NLGI No.00) または、低基油粘度 ($200\text{mm}^2/\text{s} > @40^{\circ}\text{C}$) であるとトルクは高くなる傾向にある。
- 3) トルク特性は低速域 ($0\sim 10\text{mm/s}$) の油膜厚さに起因している可能性が示唆された。

5. 参考文献

- 1) 鈴木・白井：ボールジョイントの技術動向とトライボロジー，トライボロジスト，54，9 (2009) 604.
- 2) Y. Suetsugu, Y. Nakanishi, H. Kumagai, H. Sekiguchi: Management of High-Order Structure for Low Noise Diurea Grease, International Tribology Conference, Tokyo, 20, (2015), 15.
- 3) 大野・阿部：グリースと軸受トルク，トライボロジスト，4，8 (1963) 243.