

ウレアグリースのレオロジー特性に及ぼすアミン比の影響に関する研究

The Effect of Amine Ratio on Rheological Properties of Urea Grease

ジェイテクト（正）*高原 加奈子 ジェイテクト（正）国島 武史 ジェイテクト（正）津田 武志

ジェイテクト（正）三宅 一徳

ENEOS（正）緒方 壘 ENEOS（非）楠原 慎太郎 ENEOS（正）辰巳 剛

Kanako Takahara*, Takeshi Kunishima*, Takeshi Tsuda*, Kazunori Miyake*, Rui Ogata**, Shintaro Kusuvara**, Go Tatsumi**

*JTEKT Corporation, **ENEOS Corporation

1. はじめに

自動車市場において普及している BEV には高速モータが利用されており、その支持軸受に関しても高速対応が求められている。近年では、 dmn 100 万以上で軸受が使用されることが増えており、このような高速回転で使用する場合、軌道輪はく離や焼付きなどの従来の破損モードに加え、樹脂保持器の摩耗から破損に至ることがある。これらの軸受破損は、軸受内部からのグリース漏えいによる潤滑不良や、樹脂保持器の耐摩耗性不足などが要因であり、グリース技術に加え、保持器材質や軸受設計による対策がなされている^{1,2)}。

軸受破損原因の中でもグリースの漏えい性不足は極めて短時間での軸受破損を引き起こすことから、グリース技術による対策は必須となる。グリース技術による高速回転時の漏えい対策としては、低ちょう度化が一般的であり、軸受内部からのグリース漏えいを抑制し、潤滑性を確保することである。しかしながら、ちょう度のみの指標では、十分に耐漏えい効果が得られるグリース組成を求めることは困難である。そこで本研究では、耐漏えい性に対してちょう度が変わる新たな評価指標を検討し、耐漏えい性向上方策を見出した。またレオロジー特性に及ぼすアミン比の影響についても明らかにした。

2. 試料および試験方法

本研究では、アミン比が異なる 4 種類のウレア増ちょう剤を用いてグリースサンプルを試作した(Table 1)。アミンは、漏えいを抑制するためシールへの付着性が高い脂肪族系と、長寿命性を有する脂環式系との複合とした³⁾。これら試作グリースのレオロジー特性を評価すると共に、増ちょう剤の繊維形態について TEM 観察を行った。レオロジー特性は、レオメーターを用いて測定し、せん断ひずみとせん断応力の関係性を評価した(Table 2)。

Table 1 Grease composition

Sample	Grease A	Grease B	Grease C	Grease D
Thickener	Urea (Alicyclic / Aliphatic)			
Ratio of amine (Alicyclic / Aliphatic)	30 / 70	40 / 60	50 / 50	60 / 40
Base oil	Synthetic oil			
NLGI No.	No.3			

Table 2 Rheological property test conditions

Item	Conditions
Equipment	Rheometer
Plate	$\phi 25$ Parallel plate
Clearance	1 mm
Frequency	1 Hz
Temperature	160 °C

3. 試験結果

3.1 グリースのレオロジー特性

従来、軸受トルクの評価指標として降伏応力や粘性移行応力が用いられている^{4,5)}。しかし、グリースの耐漏えい性については、それを評価する明確な指標がなかった。そこで評価指標検討にあたり、まずシミュレーションを活用し軸受内部のグリースにかかる応力を算出した。その結果、転動体周辺のグリースと比べて、漏えいが発生するシール隙間付近のグリースにかかる応力は 10 分の 1 から 100 分の 1 であることがわかった。そこでレオメーターを用い、揺動でせん断ひずみを変化させた場合の各グリースのせん断応力を測定した(Fig. 1)。シミュレーションで推定された応力域に相当するせん断ひずみは 0.1 % であり、この時のせん断応力を耐漏えい性の指標とした。なお、せん断応力が低いグリースほどせん断弾性率が低く、可動性が高く

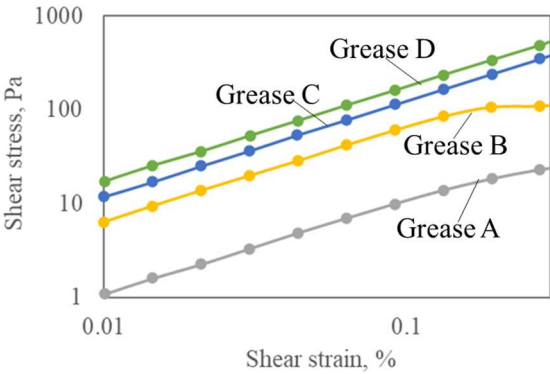


Fig. 1 Shear stress-shear strain diagram

なることを示す。このせん断応力はアミン比によって異なり、脂環式比率が 30 %の Grease A が最も小さい値であった (Table 3)。一方、最も低せん断ひずみ時の応力が高かったのは、脂環式比率が 60 %の Grease D であった。アミン比により低せん断ひずみ時の応力が変化し、脂環式比率が高いほど低せん断ひずみ時の応力が高くなる傾向であった。

Table 3 Shear stress at low shear strain

Sample	Grease A	Grease B	Grease C	Grease D
Ratio of Alicyclic amine, %	30	40	50	60
Shear stress at 0.1 % shear strain, Pa	9.9	60.7	101.9	160.0

3.2 グリースのレオロジー特性と増ちょう剤繊維形態の関係

透過型電子顕微鏡(TEM)を用いて各グリースの増ちょう剤繊維形態観察を行った(Fig. 2)。観察像を元に、繊維 1 本あたりの周囲長およびアスペクト比を測定した。各グリースを比較した結果、低せん断ひずみ時の応力が最も低かった Grease A は繊維周囲長が長く粗大であった。Grease B は二極化しており、粗大なものもあるが大半の増ちょう剤繊維は周囲長が短く微細であった。Grease C および D は、Grease B と比較し、微細な増ちょう剤繊維の割合が増加した。一般的に脂肪族アミンのウレア増ちょう剤は周囲長が長く粗大であり、一方脂環式アミンのウレアは周囲長が短く微細であることが知られている⁶⁾。このことから、脂環式アミン比率の低い Grease A は、脂肪族アミンの特徴が強く粗大になり、脂環式アミン比率が 40 %以上となると、微細な繊維である脂環式アミンの特徴が表れたと考えられる。グリース全体の増ちょう剤量を一定にしているため、1 本の繊維が微細であるほどグリース中の増ちょう剤と基油との総接触面積が増え、より高い応力が加わらなければひずみが発生しない。さらに、微細であるほど繊維同士の距離が近くなり、網目構造が強固になることが考えられる。これらによりせん断に対する安定性やせん断弾性率が増加し、低せん断ひずみ時の応力が高くなることで、漏えいが抑制すると考える。また、Grease B、C および D を比較した際、微細な増ちょう剤繊維の中でも、アスペクト比が小さい方が、低せん断ひずみ時の応力が高い傾向を示した(Table 4)。

これらの結果から、グリース漏えいを抑制するためには低せん断ひずみ時の応力を高くすることが有効であり、ウレアの脂環式アミン比率により制御可能であることを明らかにした。

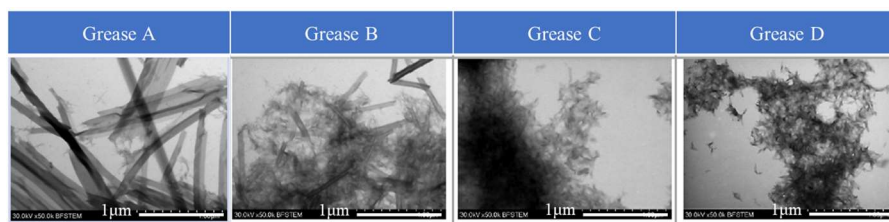


Fig. 2 Observation image of thickener fibers

Table 4 Geometric shape of thickener fibers

Sample	Grease A	Grease B	Grease C	Grease D
Ratio of Alicyclic amine, %	30	40	50	60
Average perimeter, μm	29.75	Small group / 0.43 Large group / 2.62	0.38	0.44
Average aspect ratio	6.3	2.6	1.9	1.9

4. おわりに

- 1) 低せん断ひずみ領域におけるせん断応力が耐漏えい性の指標となることを見出した。
- 2) 耐漏えい性の向上には、低せん断ひずみ領域におけるせん断応力が高いグリースとすることが有効であり、ウレアグリースの脂環式アミンの割合が増加するほど高くなり、Grease D が最も高くなる結果が得られた。

文献

- 1) 川井・魚住：自動車の電動駆動装置用転がり軸受の紹介，NTN テクニカルレビュー No.89，65。
- 2) 谷口・梅野：高速回転対応深溝玉軸受の開発，JTEKT ENGINEERING JOURNAL No. 1015(2017)，49。
- 3) グリース研究会：ウレア増ちょう剤の化学構造とグリースの劣化挙動解析，トライボロジスト，第 62 巻，第 10 号(2017)，636。
- 4) 外尾：グリースによる転がり軸受の低トルク化技術，トライボロジスト，第 63 巻，第 2 号(2018)，69。
- 5) 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 第 61 巻 第 10 号(2016)，699。
- 6) グリース研究会：潤滑グリースの基礎と応用，養賢堂(2007)，9。