

グリースの極圧添加剤がガラス繊維強化 PA の耐摩耗性に及ぼす影響

Effect of EP Additives in Grease on the Wear Resistance of Glass Fiber-reinforced Polyamides

ジェイテクト（正）*高原 加奈子 ジェイテクト（正）河北 恭佑 ジェイテクト（正）芝田 将鵬

ジェイテクト（非）津田 武志 ジェイテクト（正）国島 武史

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

Kanako Takahara*, kyosuke Kawakita*, Masato Shibata*, Takeshi Tsuda*, Takeshi Kunishima*,

Rui Ogata**, Shintaro Kusuhara**, Go Tatsumi**

* JTEKT Corporation, ** ENEOS Corporation

1. はじめに

自動車部品の潤滑には、システムが簡易で小型設計が可能なグリースが広く使用されている。また、ポリアミド(PA)に代表される樹脂材料は軽量・静音などの特徴を有しており、軸受や歯車などの樹脂と鋼とが接触するしゅう動部品に広く採用されている。近年、これら部品の小型・高出力化の要求から、高速化によりしゅう動部の温度が上昇するため、使用環境は過酷化している。過酷な条件下において、昇温に伴う樹脂の強度低下により、早期破損が課題となる。この課題を解決する一つの手段として、強度を向上させるため、樹脂にガラス繊維(GF)を配合することが行われる。GF 強化 PA-鋼しゅう動部の潤滑は、グリースに油性剤を添加することによって、摩擦摩耗特性の向上が可能である¹⁾。しかしながら、過酷な条件下においては、昇温によって油性剤に由来する吸着膜が脱離し、優れた摩擦摩耗特性が得られない可能性がある。しゅう動部が高温になる条件の場合、極圧添加剤を配合したグリースが有効と考えるが、これらの条件において極圧添加剤配合グリースの作用を研究した事例はほとんどない。

そこで本研究では、極圧添加剤を配合した合成油系ウレアグリースによる GF 強化 PA-鋼しゅう動部を評価し、その作用機構について考察した。また、広温度域における耐摩耗性の向上効果を確認するため、油性剤と併用した場合において、GF 強化 PA の耐摩耗性に及ぼすグリース添加剤処方の影響を評価した。

2. 試料および試験方法

2.1 試料

GF 強化 PA の耐摩耗性に及ぼす極圧添加剤および油性剤の影響を評価するため、Table 1 に示すグリースを用いた。グリースは、合成油系ウレアグリース(Grease A)をベースグリースとし、極圧添加剤としてジアルキルジチオリン酸亜鉛(ZnDTP)およびモリブデンジチオカーバメート(MoDTC)を添加した Grease B, また、油性剤のみを添加した Grease C, 極圧添加剤と油性剤の両方を添加した Grease D である。なお、ZnDTP および MoDTC は鋼同士のしゅう動環境、特に高温下において優れた摩擦摩耗特性を示すことが広く知られており²⁾、本研究では ZnDTP と MoDTC を組合せて使用した。なお、樹脂試験片は、ガラス繊維強化ポリアミド(GF 強化 PA)とし、相手材には軸受鋼を用いた(Table 2)。

2.2 試験方法

添加剤配合が GF 強化 PA の耐摩耗性に及ぼす影響を基礎評価および軸受評価で検討した。基礎評価は、Table 3 に示す条件により実施し、摩擦係数の急上昇で試験を停止した。また、7200 s 経過まで摩擦係数が急上昇しない場合は打ち切りとした。試験後には、GF 強化 PA の摩耗断面積をレーザー顕微鏡で測定した。

軸受による評価は、耐摩耗性の向上効果を確認するため、Table 4 に示す条件にて GF 強化 PA で構成された保持器を用いた軸受の回転試験を実施した。軸受評価は、徐々に回転数を上昇させ、GF 強化 PA 保持器/鋼接触部のすべり速度が 40 m/s に到達した後に、ヒーターを用いて 160 °C まで加熱し実施した。保持器の摩耗に起因する振動異常までの時間を寿命として評価した。また、寿命評価とは別に、24 h の打ち切り試験を実施し、保持器の摩耗量を評価した。基礎評価と同様に、評価後の保持器摩耗断面積をレーザー顕微鏡を用いて測定した。

Table 1 Grease sample

Sample	Grease A	Grease B	Grease C	Grease D
Thickener	Urea			
Base oil	Synthetic oil			
Additives	-	ZnDTP, MoDTC	Oiliness agent	ZnDTP, MoDTC Oiliness agent
NLGI No.	No.3			

Table 2 Type and Young's modulus of tested material

Material	Type	Young's modulus @25°C
Resin	Glass fiber-reinforced Polyamide (PA)	9.5 GPa
Steel	Bearing steel	212 GPa

Table 3 Condition of tribological test

PA disc	Dimensions (w×d×h)	40×40×2 mm
Steel ball	Diameter	12.7 mm
Entertainment speed		1000 mm/s
SRR (Sliding Rolling Ratio)		-194%
Normal load		20 N
Testing temperature		25 °C
Maximum testing time		7200 s
Number of test		2

Table 4 Condition of bearing test

Material of retainer		GF-reinforced PA
Material of bearing		Bearing steel
Sliding speed		40 m/s
Testing temperature		160 °C
Testing time	Evaluation for life	Max 94 h (test stopped when vibration values become 2 times higher than initial value)
	Evaluation for wear	24 h
Number of test		2

3. 試験結果

3.1 基礎評価

Figure 1 に各グリースを用いた基礎評価の結果を示す。極圧添加剤と油性剤のいずれも含まない Grease A, ならびに油性剤を添加した Grease C では、いずれの試験においても、摩擦係数が試験途中で急激に上昇し、そのタイミングで試験を停止した。試験後の GF 強化 PA のしゅう動面を観察した結果、Grease A を用いた場合には、2 回の試験ともに摩耗量が多かった。極圧添加剤のみを添加した Grease B では、2 回の試験のうち 1 回は摩擦係数の急上昇は認められず、もう 1 回の試験では試験途中で摩擦係数が急上昇した。これらの試験後の摩耗量は、前者は少なく、後者は多くなり、結果にばらつきが認められた。油性剤のみを添加した Grease C については、2 回の試験ともに摩擦係数の急上昇により停止し、その摩耗量にもばらつきが認められた。一方、極圧添加剤と油性剤を併用した Grease D では、2 回の試験において摩擦係数の急上昇は認められず、試験は打ち切りにより終了した。また、試験後の摩耗量を測定した結果、2 度の試験共に摩耗量が Grease A の 4 分の 1 以下と著しく少なかった。

3.2 軸受評価

Figure 2 に、各グリースを用いた軸受評価における寿命および、保持器の耐摩耗性の評価結果を示す。耐摩耗性については、24 h 以上振動異常が確認できなかった場合、24 h で試験を打ち切り、樹脂保持器の摩耗量を測定することにより評価した。極圧添加剤および油性剤を含まない Grease A, ならびに極圧添加剤または油性剤をそれぞれ添加した Grease B および Grease C は、いずれも少なくとも 1 回は 24 h 未満で短寿命となった。一方、極圧添加剤と油性剤を併用した Grease D は、複数回の試験において他の 3 種と比較して 2.5 倍以上の寿命となった。また、Grease A および Grease C と比較して、Grease D の摩耗量は少なく、耐摩耗性に優れる傾向を確認した。この傾向は、前述の摩擦摩耗試験の結果と一致しており、極圧添加剤と油性剤の併用配合が、GF 強化 PA の摩耗抑制および軸受寿命の向上に寄与すると考える。

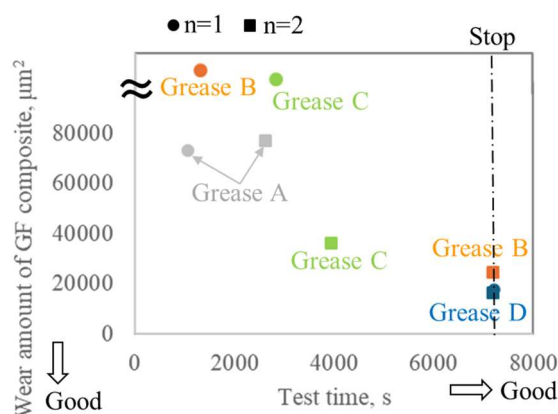


Fig. 1 Wear amount of GF composite in tribological test using different greases

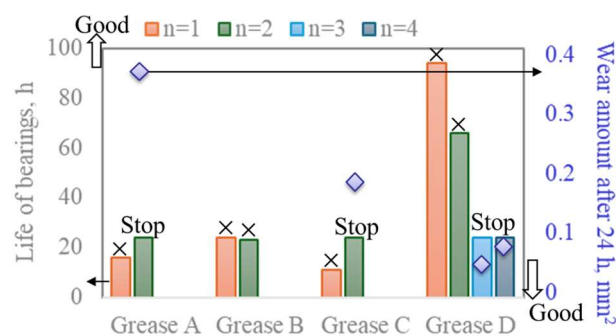


Fig. 2 Life of bearing and wear amount of retainer in bearing test using different greases

4. 考察

基礎評価における耐摩耗性および、軸受評価における保持器摩耗を評価した。極圧添加剤と油性剤を併用して添加した場合に良好な耐摩耗性が得られた。この要因として、作用温度域の異なる2種の添加剤を配合したことが挙げられる。いずれの試験も25℃からしゅう動を開始し、しゅう動発熱により試験中は昇温が妨げられない。摩擦摩耗試験では、安定時の鋼球試験片温度は70℃±10℃であり、接触面の温度は100℃付近と推定した。軸受試験では、さらにヒーターによる加熱も加わり、しゅう動環境はより高温となる。

しゅう動開始後から100℃までの温度範囲においては、油性剤が鋼表面に吸着膜を形成し、接線力を低減することにより、繊維による鋼材表面への攻撃性を低減し、摩耗を抑制することが知られている。しかしながら、試験の経過と共に温度が上昇した場合、油性剤による吸着膜が脱離するため、油性剤の効果が得られなくなる。油性剤に対し、極圧添加剤はより高温域で反応膜が形成し、表面を保護することにより摩耗抑制が可能となる。

鋼およびGF強化PAのしゅう動部への反応膜形成を確認するため、Grease Dを用いた軸受試験を24hで途中停止し、得られた樹脂保持器および鋼のしゅう動部をSEM-EDX分析した(Figure 3 および 4)。保持器の表面分析は、GF部とPA母材部をそれぞれ点分析し(Fig.4)、鋼はしゅう動部の任意の箇所を点分析した。母材由来の元素を除くと、PA母材部および鋼しゅう動部からZn, P等の元素が検出され、特にこれらの元素は、PA母材部表面と比較しGF部から多く検出された。この検出したZn, Pの元素は、ZnDTP由来のポリリン酸や酸化亜鉛などの反応膜であると考ええる。このことは、GF部と鋼の接触において、他の箇所より高温となるため、優先的に極圧添加剤由来の反応膜が形成したためと考えられる。これらの反応膜は、GFや鋼と比較して軟質であり³⁾、硬質なGFや鋼で荷重を支持し、その上に軟質被膜が形成される。その結果、しゅう動時にGF/鋼間の接線力が低減し、直接接触が緩和することによりGFの鋼への攻撃性が低減する。これにより、強化PA特有の摩耗が効果的に抑制されたと考える。

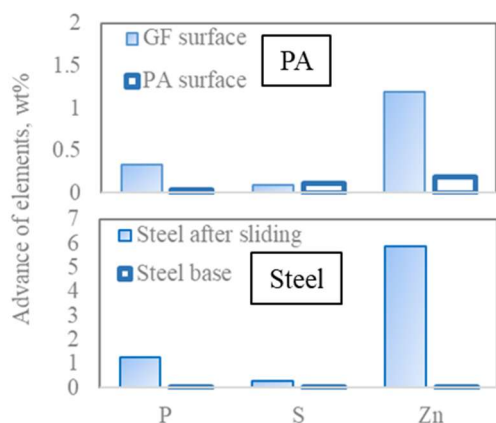


Fig. 3 SEM-EDX analysis of bearing retainer and steel

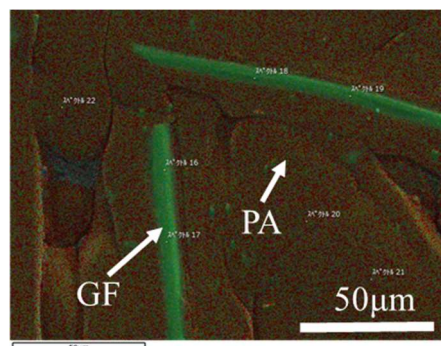


Fig. 4 Distribution of PA and GF in GF composite analyzed using SEM-EDX

5. おわりに

- 1) グリースに極圧添加剤と油性剤を併用し添加することで、GF強化PAの耐摩耗性が広温度範囲域で向上することを明らかにした。
- 2) GF/鋼しゅう動部に極圧添加剤由来の軟質膜を形成することで接触部の接線力を低減し、GF/鋼の接触を緩和、摩耗を抑制したと考える。

文献

- 1) T. Kunishima, S. Nagai, T. Kurokawa, J. Galipaud, G. Guillonueau, G. Bouvard, J.-Ch. Abry, V. Fridrici & Ph. Kapsa: Effects of temperature and addition of zinc carboxylate to grease on the tribological properties of PA66 in contact with carbon steel, Tribol. Int. 153 (2021) 106578.
- 2) 村木正芳・和田寿之: ZnDTP 共存下における有機モリブデン化合物の滑り摩擦特性, トライボロジスト, 38, 10 (1993) 919.
- 3) J.M.マルタン・五十嵐: 潤滑油添加剤と摩擦表面の化学: 金属ジチオリン酸塩のトライボ反応被膜, トライボロジスト, 42, 9 (1997) 724.