

窒化処理鋼の摩擦摩耗特性に及ぼす潤滑油添加剤の影響

Influence of Lubricant Additives on Tribological Properties of nitride steel

出光興産（正）*吉田 康平

Kohei Yoshida*

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

1. はじめに

金属表面処理技術の発展に伴い、近年では同一システム内で潤滑環境毎に様々な表面処理材が用いられていることから、潤滑油開発においてはあらゆる金属材料の摩擦摩耗特性や材料に応じた各種添加剤の効果を把握する事が重要である。窒化処理鋼は耐摩耗性、耐食性、耐疲労性に優れた摺動部材として、工作機械や油圧機器、エンジン部品、航空宇宙用機器等、広い分野にて活用されている。¹⁾ 本報では窒化処理鋼を用いた block-on-ring 試験の結果をもとに、窒化処理鋼に対する各種添加剤の摩擦摩耗特性を検討した。特に、無灰系分散剤及び金属不活性化剤の組合せが摩擦摩耗特性に与える影響について評価した。

2. 試験方法

2.1. 供試油

本研究に用いた試作油の組成を Table 1 に示した。VG46 の鉱物油に極圧剤としてリン酸トリクレジル (TCP) とアルキルリン酸アミン塩を添加した処方をベースに、ポリアルケニルコハク酸イミド系分散剤 (PASI) 及びベンゾトリアゾール系金属不活性化剤 (BT) を所定量添加して評価に使用した。表中に PASI 及び BT の添加量は基準添加量 (ref.) に対する質量比を示した。

Table 1 Component of test oils

	Oil-1	Oil-2	Oil-3	Oil-4	Oil-5	Oil-6	Oil-7
Base oil	Mineral oil (VG46)						
Extreme pressure agent	Tricresyl phosphate (TCP), Amine salt of alkyl phosphoric acid						
Polyalkenyl succinic imide-type detergent (PASI)	○ (ref.)	○ (×2.0)	-	-	○ (×1.0)	○ (×0.1)	○ (×1.0)
Benzotriazole-type metal deactivator (BT)	-	-	○ (ref.)	○ (×10.0)	○ (×1.0)	○ (×1.0)	○ (×0.5)

2.2. Block-on-Ring 試験

試作油の潤滑性は Figure 1 に示した block-on-ring 型の摩擦摩耗試験機 (LFW-1) にて評価し、ブロックには SAE 01、リングには SAE4620 及びガス窒化処理した SACM645 を用いた。試験条件は Table 2 にまとめた。油温、回転数を一定とし、荷重を 50 N から 5 分毎に 50 N ずつ段階的に増加させ、300 N に達してから 1 時間試験を継続した (Figure 2)。試験終了直前 5 分間の摩擦係数の平均値、終了後のブロックの摩耗痕幅について評価した。また、試験途中で摩擦係数が急激に上昇した場合は焼付きと判断し、試験を中止した。

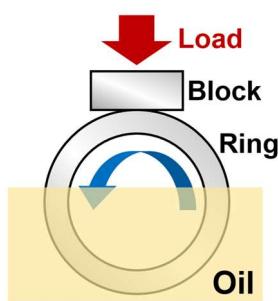


Fig. 1 Schematic illustration of block-on-ring test

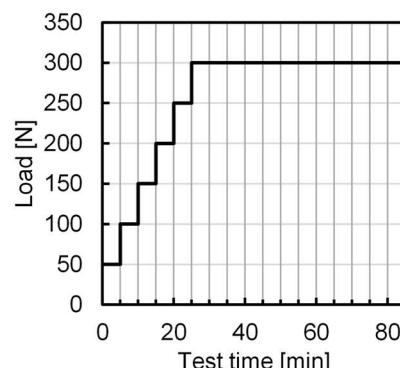


Fig. 2 Test sequence of block-on-ring test

Table 2 Test conditions of block-on-ring test

Rotational frequency (shearing rate)	500/1000/1500/2000 rpm (0.9/1.8/2.7/3.7 m/s)
Load	300 N
Oil temperature	100°C
Oil feeding	immersing half of ring

3. 実験結果と考察

3.1. ガス窒化 SACM645 の潤滑における無灰系分散剤及び金属不活性化剤添加の影響

Table 3 にブロックに SAE01、リングにガス窒化 SACM645 を用い、回転数 1500 rpm にて block-on-ring 試験を実施した結果をまとめた。PASI の添加量を調整した Oil-1 及び Oil-2 の内、Oil-2 のみ焼付きが発生したことから、PASI の添加量が一定以上となると耐焼付き性が低下することを確認した。BT の添加量を調整した Oil-3 及び Oil-4 はいずれも焼付無しとなり、この添加濃度内であれば耐焼付き性に影響は無いことを確認した。

また、BT の添加量が多い Oil-4 の摩耗痕幅が若干大きい事から、BT の添加量が増えると耐摩耗性が低下する可能性が示唆された。PASI 及び BT を併用した Oil-5 は焼付き有りとなった。Oil-1 及び Oil-3 が焼付き無しであったことから、PASI と BT を組み合わせたことで耐焼付き性が低下した可能性が考えられる。さらに、Oil-5 と比較して PASI の添加量が少ない Oil-6、BT の添加量が少ない Oil-7 においてそれぞれ同様に焼付きが発生したことから、PASI 及び BT が共存することで大幅に耐焼付き性が低下することを見出した。PASI の添加量が多い Oil-2 にて焼付きが発生していることを考慮すると、PASI 添加による耐焼付き性の低下を BA が助長しているものと考えられる。

3.2. 無灰系分散剤及び金属不活性化剤存在下での潤滑性に金属材の違いが与える影響

Oil-5 に酸化防止剤や粘度指数向上剤、消泡剤等を添加した処方である Oil-5A にて、リングに SAE01 及びガス窒化 SACM645 を用い、回転数を 500、1000、1500、2000 rpm として block-on-ring 試験を行った (Figure 3(a))。リングに SAE01 を用いた場合、いずれの回転数でも 700 μm 程度の摩耗痕幅であったのに対し、リングにガス窒化 SACM645 を用いた場合、500 及び 1000 rpm では 1500 μm 以上の摩耗痕幅となった。さらに、1500 及び 2000 rpm では焼付きが発生した。これらの結果は、PASI のような無灰系分散剤及び BT のような金属不活性化剤の共存下における潤滑性の低下が窒化処理鋼に特異的である可能性を示している。

Oil-5 の PASI を異なる無灰系分散剤 (類似の PASI 系) に変更し、Oil-5A と同様に酸化防止剤や粘度指数向上剤、消泡剤等を添加した処方である Oil-5B にて同様に潤滑性の評価を行った (Figure 3(b))。その結果、リングの材質に関わらず、いずれの回転数においても焼付きは発生せず、700 μm 付近の摩耗痕幅であった。従って、無灰系分散剤を適切に選択することで、窒化処理鋼の潤滑性を改善することが出来たと言える。

4. まとめ

PASI のような無灰系分散剤及び BT のような金属不活性化剤を併用する場合、窒化処理鋼において耐摩耗性や耐焼付き性が大幅に低下する可能性があり、適切な添加剤選択が重要であることを見出した。本結果は、PASI が極圧剤の金属吸着を競争的に阻害し、さらに BT が PASI の吸着を促進していることに起因する可能性が考えられ、次報では各添加剤の表面吸着挙動に着目した検討を実施する。

文献

- 星野 薫：窒化処理における機能特性—ガス窒化とガス軟窒化および塩浴軟窒化—，ぶらすとす，4，38 (2021) 101.

Table 3 Results of block-on-ring test (block: SAE01, ring: SACM645, 1500 rpm)

Sample	Friction coefficient [-]	wear scar width [μm]
Oil-1	0.11	716
Oil-2		seizure
Oil-3	0.09	831
Oil-4	0.07	875
Oil-5		seizure
Oil-6		seizure
Oil-7		seizure

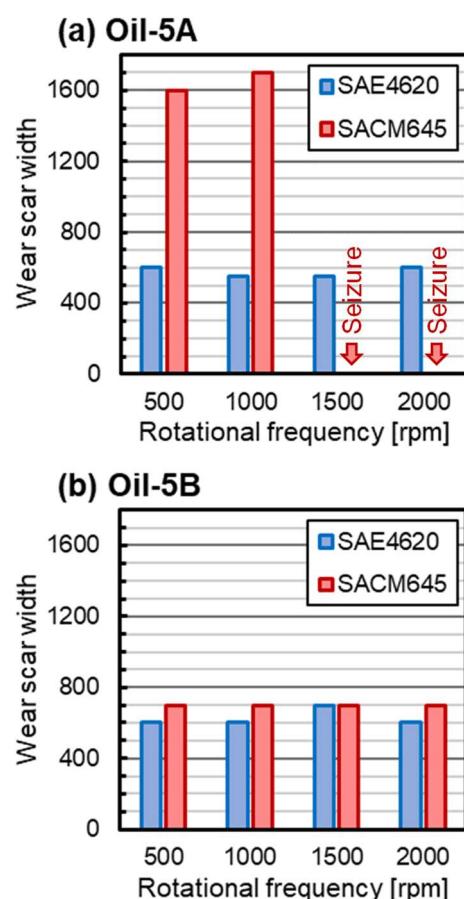


Fig. 3 Results of block on ring test