

エンジンオイル添加剤とWPC処理 による摩擦摩耗特性の改善

株式会社フリクション 矢追 和之

はじめに

自動車をはじめとした機構部材の摺動部は、摩耗をはじめとした様々な損傷が発生する。また、摺動部の摩擦によるエネルギー損失の低減も重要な課題である。

近年の自動車用エンジンオイルは省燃費性能が追求され、ベース油の低粘度化が進んでいる。低粘度オイルに合わせて設計されているエンジンには問題ではないが、古い年式の自動車に低粘度オイルを使用すると、オイルクリアランスが適切でないため、オイル上がりや油膜切れ等が発生し、オイル消費量や異常摩耗が発生する恐れがある。

自動車用添加剤は、通常、市販のエンジンオイルに添加され使用されている。一般的な自動車ユーザーでは、オイル交換は定期点検時、メーカーの推奨交換時期に交換するものであり、使用するオイルの特性や添加剤の特質等には関心のない場合がほとんどと考えられる。また市販されているエンジンオイルは、コスト等の制約により添加剤含有量はそれほど高濃度のものではない。そのため、古い年式の自動車に対しては、添加剤の効果は十分でない場合がある。

そうした点から、弊社（株）フリクションでは、古い年式の自動車やヘビー・ユーザーのための補給用添加剤や潤滑用グリースの開発・販売を行っている。開発にあたっては、

摩擦摩耗試験の結果などを参考に、各種成分を高濃度に配合して、低摩擦効果の持続を主たる開発目標としている。

本稿では、開発した添加剤の特徴と摩擦摩耗試験の結果、ならびにWPC処理による表面形状の添加剤保持効果について紹介する。

1. 添加剤の効果

開発した補給用添加剤（ハイパーラブ165）は、ADEKA製モリブデンジチオカルバメート（MoDTC）を主成分とし高濃度に配合しているのが特徴である。MoDTCの潤滑特性の発現や反応機構については、種々の議論があるが、未だ明確になっていないのが現実と考えられる。したがって、実験的に効果について確認した。ここでは、摺動特性をボール・オン試験機を用いて評価した。MoDTCの効果は、使用する金属の種類、負荷面圧などにより大きく影響されることが確認された。評価結果の例を以下に示す。

①基材の成分による効果の発現

MoDTCは金属の新生面、摩耗面と反応すると考えられているが、MoDTCの使用対象である自動車用基材では鉄系材料をはじめ、アルミ合金などが使用されている。MoDTCは鉄系材料に効果があるとされているが、各種合金成分に関する効果についてはほとんど報告されていないため、合金成分に関して検討した結果を表1に示す。

縦にボール材の種類、横にディスク材の種類を示す。表2に合金成分を示す。ディスクはSCM415とし、ボール材の違いを示す。

■著者連絡先
〒252-0331 相模原市南区大野台4-1-83
TEL 042-707-8617 FAX 042-707-0779
E-mail inquiry@friction.co.jp

表から、予想どおり、非鉄系材料のアルミ合金、チタン、銅合金などには反応が見られなかった。しかし、鉄系材料との反応は非常に複雑なことがわかる。すなわち、

- a) ボールあるいはディスクの片方の成分が反応に寄与するのではなく、両者の寄与が必要である
- b) ボール（常時摺動）とディスク（断続的に摺動）の組み合わせを変えると反応性が異なる……SCM415とSUS304の場合
- c) SUS304, Crメッキなど不働態膜を形成したり、耐食性の良好な材料をディスクに使用した場合は反応性が低い
- d) セラミック成分中のWと練り込み構造(金属W)では反応が異なる

などの結果が得られた

上記の結果から、

- A) MoDTCの反応には、摺動する両者の反応性が必要である
- B) 新生面などの活性な表面の存在が必要で

ある

- C) 合金元素として、モリブデン (Mo)・タングステン (W) あるいはクロム (Cr) などの周期表の6族にあたる金属成分が反応性を高める

などのことが考えられる。本結果は、十分な組み合わせについて検討した結果ではないために、明瞭な結果は得られてはいないが、MoDTCの反応については、単純なものではなく合金成分、不動態膜などの表面状態などが関与する複雑なものであることが確認される。

弊社では、添加剤の効果を最適化するために、より詳しい組み合わせでの試験を検討している。表1の*1は、A2017ディスクに微粒子タングステンショット（粒径5μm）加工を行い、ディスク表層部約10μmにAl-Wレイヤーを形成し評価を行った。断面反射電子像を図1に示す。

②面圧の影響

MoDTCを鉄系材料に使用する場合、潤滑性能（摩擦係数）は良好な結果が得られるが、負荷面圧により基材の摩耗を促進し損傷させる場合がある。面圧を変化させてボール・オン試験を行った場合の摩擦係数の変化と摩耗状態を図2に示す。高面圧は5N（面圧1110MPa）、低面圧は1N（面圧650MPa）である。自動車部材での使用面圧は高くとも700MPaと言われている。よって過大な面圧

表1 評価試験組み合わせ

	SCM415	SUS304	WC	Crメッキ	*1 A2017+W
SUJ2	○	×	×	×	○
SUS304	○	×	×	×	○
S45C	×	×	×	×	—
SS400	×	×	×	×	—
SCM415	○	×	×	×	—
FCD600	×	×	×	×	—
Ti6Al4V	×	×	—	—	—
BC6	×	×	—	—	—
A2017	×	×	—	—	—
SKD11	○	×	—	—	—

表2 材料成分表

SCM415ディスク	Cr	C	Mo	P	S	Si	Mn	Cu	Ni	W	V	他	反応性
SS400				0.05	0.05								×
S45C	0.2	0.45		0.03	0.035	0.25	0.75	0.3	0.2				×
SCM415	1.05	0.15	0.2	0.03	0.03	0.2	0.75						○
SUS304	18	0.08		0.04	0.03	1.0	2.0		8				○
SKD11	12	1.5	1.0	0.03	0.03	0.4	0.6				0.3		○
SUJ2	1.45	1.0		0.25	0.025	0.25	0.5						○
A2017	0.1					0.5	0.7	4.5				Ti	×
BC6				0.05		0.01		85	1.0				×
Ti6Al4V		0.08									4	Al	×
FCD600		2.5		0.08	0.02	2.7	0.4					Mg	×

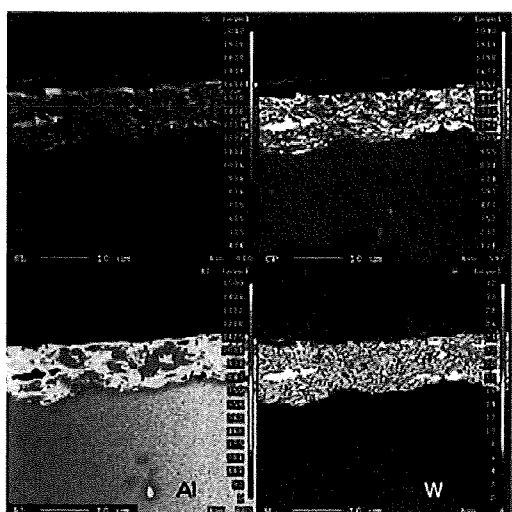


図1 断面反射電子像

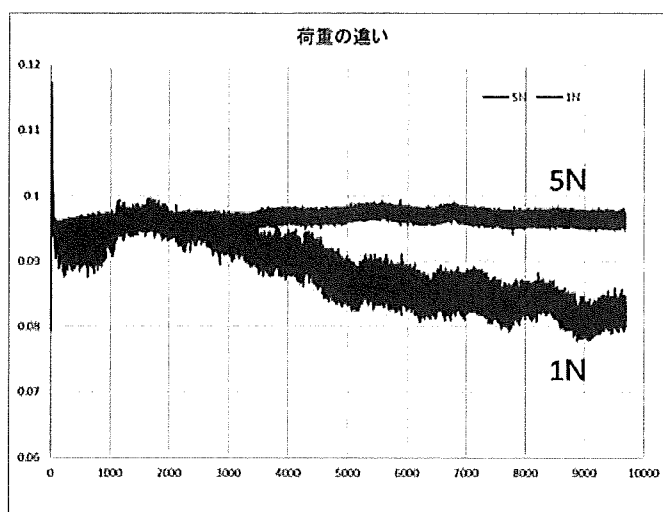


図2 ボールオンディスク試験荷重の違い

を付与した試験では、実機との再現性に欠けることが考えられる。

開発した添加剤（ハイパーループ165）の効果を図3に示す。図では、初期的に添加した場合ならびに途中で添加した場合について示している。

添加剤の効果は、初期に添加することにより優れた低摩擦化を示し、途中で添加では、初期に有効な添加剤が存在しないため基材表面が摩耗しているため、添加後の摩擦係数に違いを確認することができた。

これらのことから、MoDTCの低摩擦化現象は、摺動部品の接触する部分に摩擦により二硫化モリブデンが生成され、層間滑りにより低摩擦現象が起こっているという単純なメカニズムではなく、金属新生面に対し複雑なケミカル反応により低摩擦化が実現していると考えられる。

金属新生面との反応を前提にすれば、摩擦耗についても考慮する必要があるが、耐摩擦性能と低摩擦性能の両立に対しては、種々の工夫が必要であり、例えば最小限の摩擦でMoDTCを効率良く反応させるためには、ZDDPなどの添加剤を用いたり、表面形状の最適化を図ることも有効な手段である。

摺動部品は、最初に慣らし運転が必要と言

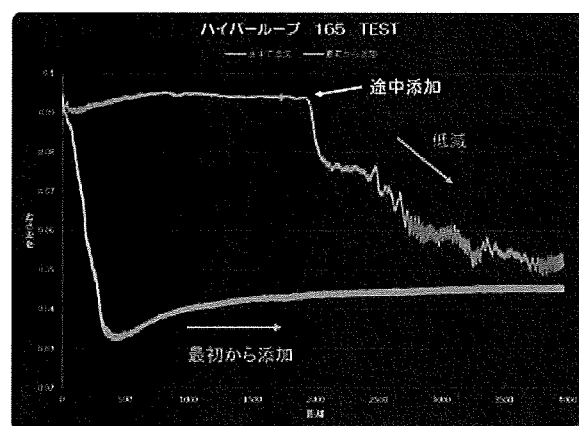


図3 開発した添加剤（ハイパーループ165）の効果

うことは周知の事実であるが、その方法については明確にされていない。慣らしあるいは馴染みに関しては、明確に定義されていないが、摺動に関しては、初期的に機械加工により生成した微細突起物、加工変質層やコンタミとしての異物等を要因として、摩擦係数や摩耗状態が急激に変化する領域と考えられる。そのため、そこで発生しうる凝着物や微細亀裂の発生を抑える、あるいは排出することが重要である。慣らしあるいは馴染みの過程はのちの定常状態に影響を与えるため、優れた摺動面を作るには、低面圧時に少しずつ摩耗させ大きな損傷を起こさないことが大切である。ハイパーループ165を添加することに

より、摺動面にケミカル反応を起こし、大きな摩耗や凝着を起こさず馴染み面を形成することができる。よって、新品部品の慣らしに対して特に有効な添加剤であることが言える。

今回紹介したハイパールブ165は、エンジンオイルの種類を問わず低摩擦化を可能にし、優れた省燃費性能、静音性、出力損失などを大幅に改善することができる。製品の詳細についてはホームページ (<http://www.frixion.co.jp/>) を参照していただきたい。

2. 潤滑と表面形状

そうした潤滑油を摺動部に使用する場合、部材の表面形状がその効果に対して大きく影響する。表面形状の影響は、くさび膜効果やしほり膜効果などの流体の効果、負荷荷重による基材の変形の効果、凹部への油保持の効果など様々で複雑である。また、形状も溝状、半球状等種々の形状について試みられている。

表面形状の作製法にあたっては、機械加工による手法、レーザ光やイオンを用いる手法など各種の手法が試みられている。実用部材に表面形状を形成する場合、歯車などの複雑形状への適応、加工面積、加工時間、コスト等の解決すべき課題が多い。

WPC処理は微粒子によるショットピーニングの一種で、複雑な表面形状に対して有効な加工方法であり、寸法、形状、面粗度の変化を伴わない処理のため、新たに部品を設計する必要がなく、生産性、リサイクル性に優れた加工方法である（ショットピーニングでは、0.3mm以上の粒子が用いられ、投射速度も数十m/sec.～100mm/sec.であるが、微粒子投射処理では、数十μm以下の微細粒子を、数百m/sec.で投射する）。

WPC処理では材料表面に大きな塑性変形をもたらすため、投射材、非投射材の硬度や延性など機械的特性の違いにより種々の表面改質が可能となり、形状効果と材料に与える改質効果がある。WPC処理の効果について

簡単にまとめて、以下に示す。

- ①表面にオイル溜まりを形成し潤滑性能を向上させる
- ②表面近傍の大きな塑性変形による圧縮残留応力の付加と、結晶粒微細化により疲労強度、耐摩耗性を向上させる
- ③固体潤滑剤を非鉄金属などに着床させ、固体潤滑皮膜を形成することにより、潤滑性能を向上させる
- ④DLCコーティングなどの前処理

ここでは、WPC処理による表面形状の形成の潤滑油、添加剤の保持・補給の効果について示す。

WPC処理面の比較を図4に示す。また、WPC処理による潤滑下の摺動特性比較について図5に示す。

WPC処理により形成される表面形状が摺動性向上に寄与し、従来のホーニング仕上げにWPC処理を行うことにより、耐摩耗性、摩擦係数などを飛躍的に向上させることができる。試験後のディスク面比較を図6に示す。

WPC処理では、投射条件を変えることにより表面形状を制御することができる。例えば、投射するメディアを固体潤滑剤である二硫化モリブデンを金属表面に着床させ無潤滑下での摺動特性、初期馴染み性を改善することや、ディンプルサイズを変化させ使用するオイルの特性に合わせることにより、高次元での低摩擦化が可能になる。

投射条件による耐摩耗性能の違いを図7に示す。従来品に対し、下地処理用のショット

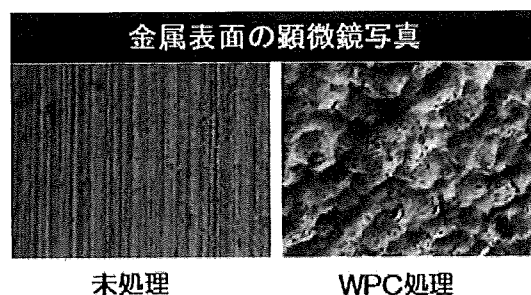


図4 WPC処理面の比較

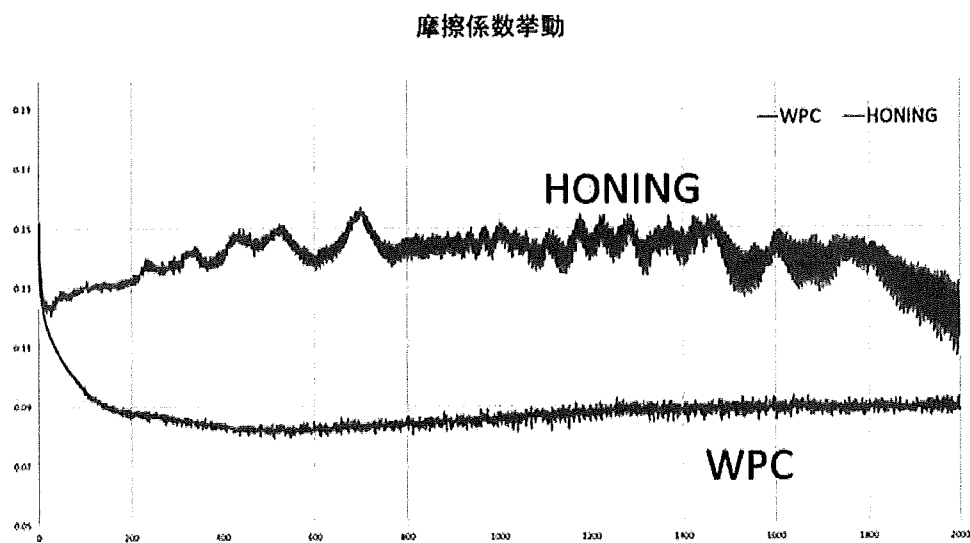


図5 WPC処理による潤滑下の摺動特性比較

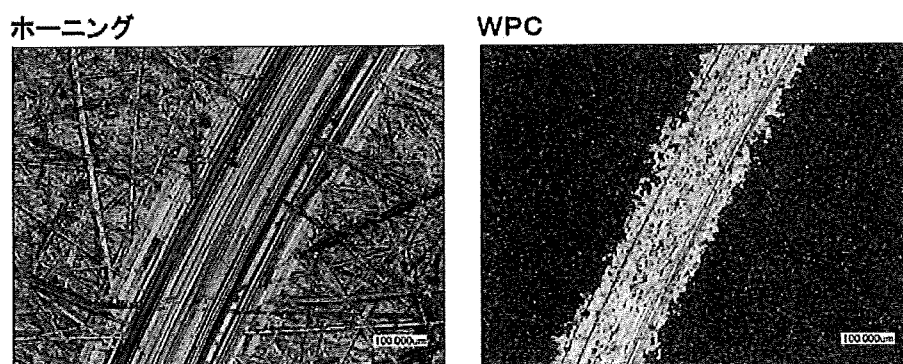


図6 試験後のディスク面比較

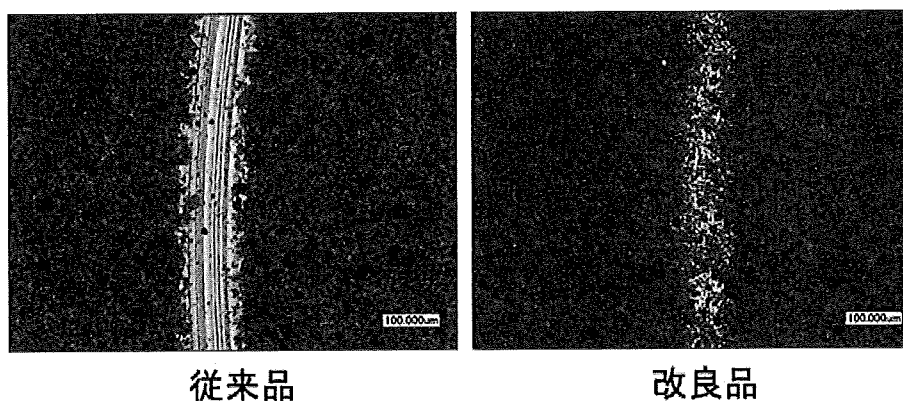


図7 投射条件による耐摩耗性能の違い

を行うことで、耐摩耗性能が格段に改善されることが分かる。

WPC処理により形成される表面形状に、添加剤（ハイパーループ165）を使用するこ

とにより摩擦係数を大幅に改善できる。鏡面ならびにWPC処理による添加剤（ハイパーループ165）の添加効果を図8に示す。

WPC処理と添加剤（ハイパーループ165）

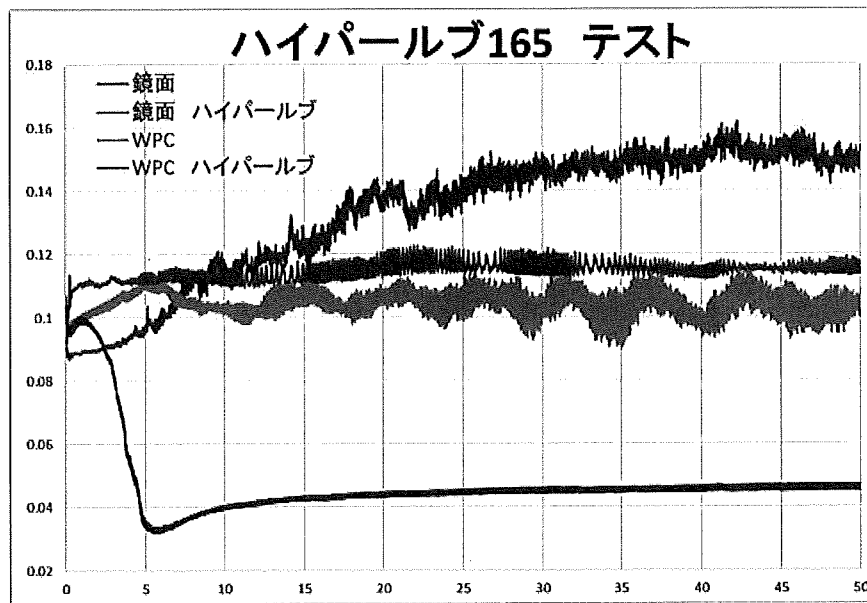


図8 鏡面ならびにWPC処理による添加剤（ハイパールーブ165）の添加効果

の組み合わせにより摩擦係数の大幅な低下が確認できる。また、摩擦係数の変化も安定しており、摺動面への添加剤供給が有効的に行われていることが言える。

おわりに

弊社は、高性能な潤滑部材の開発、販売を行っている。なかでも、ハイパーペーストシ

リーズは、高濃度に固体潤滑材を配合し優れた潤滑能力を発揮する。使用用途を限定することで高性能化を図る製品（フッ素グリース）なども販売している。

さらなる潤滑性能の向上を図るため、高性能グリースの開発も行い、表面処理に関しては、各分野での不具合対策の相談から施工までを請け負っている。