

潤滑経済

2018
No.634



●特集／ベースオイルと合成潤滑油・潤滑油添加剤の動向

潤滑油基油・添加剤を取り巻く環境の変化と将来動向／潤滑油ベースオイルの需要動向／GTL基油の動向／Group. IIIベースオイルの技術動向および需給動向／内燃機関における低油温時の摩擦低減表面改質技術／極圧剤、摩耗防止剤の種類・作用および技術動向について／潤滑油の高性能化に貢献する、アルキルナフタレンによる基油改質について



あなたの車をさらに先へ。

DRIVON™

高い燃費と排出ガス基準に基づくDRIVON™自動車潤滑技術は、パワートレイン全体で燃料消費を3-4%削減します。省燃費の節約はあなたの目の前にあります。

エボニック ジャパン(株) オイルアディティブス部—Let it flow.
www.evonik.com/oil-additives

内燃機関における低油温時の摩擦低減 表面改質技術

株式会社不二WPC
開発部

荻原 秀実*

株式会社ADEKA

機能化学品開発研究所 潤滑材料研究室

山本 賢二

■著者連絡先 (*)

〒252-0331 相模原市南区大野台4-1-83
TEL 042-707-0776 FAX 042-707-0779
E-mail ogihara@fujjwpc.co.jp

はじめに

大気汚染の低減や温室効果ガス排出量抑制の観点から自動車の動力源の電化が急速に注目を集めている。一方で電気のみをエネルギー源とする電気自動車には航続距離や充電時間、車両や充電設備のコスト増など普及拡大に向けて残された課題も多い。また、発電のための一次エネルギー源によっては Well to Wheelでの二酸化炭素発生量の削減効果が小さくなり、内燃機関（以下、エンジン）のエネルギー効率の向上により電気自動車レベルまで二酸化炭素排出量を削減できる可能性も指摘¹⁾されている。またハイブリッド車やプラグインハイブリッド車を含めたエンジン搭載車は今後も高い市場占有率を保持すると見込まれており、摩擦損失（以下、フリクション）の低減を含めたエンジンのエネルギー効率向上は引き続き重要な技術課題である。

エンジンのフリクション低減に関し、エンジン潤滑油（以下エンジンオイル）の低粘度化は効果的であり、低粘度化研究が行われてきている。

このような中、低粘度化とは別にエンジンオイル添加剤である摩擦調整剤（Friction Modifier, 以下FM）の果たす役割も大きく、FMの一種であるMoDTC（Molybdenum Dithiocarbamate）によるエンジンフリクション低減効果も昨今注目されている。

また近年、モーターとエンジンを組み合わ

せたハイブリッド車のエンジンにおいては、一般的な走行状態ではエンジンオイル温度（以下、油温）があまり上昇せず、よって低油温時のフリクション低減も望まれている状況にある中で、MoDTCは油温が40℃程度の比較的低温域ではフリクション低減効果が十分に発揮されないことが課題とされている。

これに対し、最近の研究では表面形状の変更によりMoDTCの低温でのフリクション低減効果が改善する結果が報告²⁾されている。

本研究においては、WPC処理と呼ばれるショットピーニングの応用である微粒子投射表面改質処理技術を用いシリンダボアの面性状を変更することにより、低油温時からMoDTCの低フリクション効果を発現させる検討を行った。

1. WPC 処理

WPC処理は、目的に応じ選定した材質からなる粒径200μm以下の微粒子を任意の圧縮気体（一般的には圧縮空気）を用い、当該微粒子を約100m/sec.以上の速度で処理対象表面に衝突させることにより面性状を変更（テクスチャの形成、表面研磨、微結晶化、残留応力の付与、投射粒子による被覆形成、投射粒子材と基材、等による複合組織の形成）する技術である。

2. シリンダボアしゅう動面への WPC 処理

エンジンのフリクション低減に関し、ピス

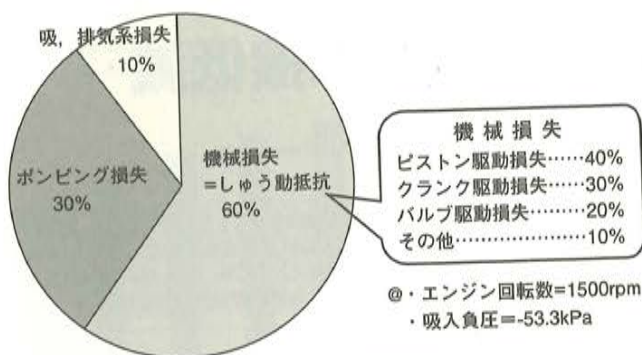


図1 エンジンの損失割合⁷⁾



図2 WPC処理面観察像例

トンスカート部やすべり軸受しゅう動面等は、従来よりWPC処理や樹脂コーティング等により低フリクション化が行われてきている³⁻⁶⁾。

エンジンの損失割合を図1に示す。このように乗用車において40km/hr.一定走行に相当する部分負荷運転時のピストン、ピストンリングとシリンダボア間のモータリングフリクションはエンジンの機械損失の約4割を占める⁷⁾。

そこで本研究では、低油温からMoDTCの低フリクション効果を発現させることを目的として、WPC処理によるピストンとピストンリングのしゅう動相手側であるシリンダボアの面性状検討を行った。

3. WPC処理による低油温におけるMoDTCのフリクション低減

WPC処理は投射微粒子の材質、形状、粒径、投射圧力、等を選定することにより、図2に示すように処理対象表面に月のクレータ形状に似た、縁に盛り上がりをもつ略ディンプル形状（以下、ディンプル）を形成すること

ができる。WPC処理によるディンプルはミクロンサイズであり、よってディンプルの縁の盛り上がりは通常1~2μm程度のいわゆる微小な盛り上がりである。

MoDTCは負荷される圧力と温度に依存したトライボ化学反応によりMoS₂（二硫化モリブデン）固体潤滑被膜をしゅう動面に形成させることで低フリクションを発現すると考えられている。

よってシリンダボアしゅう動面にWPC処理による微小な盛り上がりをもつミクロンサイズのディンプルを形成することで、ピストン、ピストンリングとシリンダボアのしゅう動において、この微小突起真実接触部においてMoDTCの反応が促進され、低油温条件においても低フリクション効果を発現することが期待される。

4. エンジンオイルおよびMoDTC

潤滑油としては表1に示す市販のガソリンエンジン用オイルを用いた。

MoDTCが処方されていないオイルAと、MoDTCが高濃度で添加されたオイルBをそ

表1 試験に用いたエンジンオイル主要諸元

Engine Oil	Vis. Grade	Spec.	Elemental analysis (ppm)							Kinematic Viscosity		VI	HTHS 150°C
			Mo	Zn	P	S	Ca	Mg	B	40°C	100°C		
A (non MoDTC)	0W-16	-	110	850	730	2800	2300	10	ND	32.1	7.1	191	2.4
B (MoDTC formulation)	0W-16	SN	780	900	760	2600	1400	650	200	31.7	7.1	195	2.3

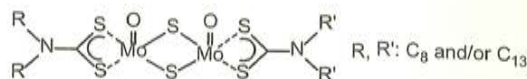


図3 MoDTCの化学構造

れぞれ評価に用いた。

エンジンオイルに配合されたMoDTCの化学構造について図3に示す。

5. シリンダボア試験片

市販車の直列4気筒、排気量1.8リットルのガソリンエンジンのφ80.5mmシリンダボアを切り出し、幅10mmのしゅう動試験用試験片を作成した。このシリンダボアのしゅう動面はクロスハッチホーニング加工面となっている。表面粗さは表2に示すとおりである。

WPC-AのRaは未処理と同程度だが、RzとRpkが小さくなっている。これはWPC処理によるディンプル形成時にクロスハッチングホーニング加工面の微小ないわゆるバリが除去された結果と推察する。また、WPC-Bについては粗さの値が全体的に大きくなっており、より深いディンプルが形成されていることが分かる。

6. ピストンリング試験片

市販車のピストンリング(1stリング)を切り出し、試験片とした。このピストンリング試験片はシリンダボア切り出ししゅう動試験片の幅10mmに対し、それ以上の幅となるように切り出し用いた。

7. しゅう動試験機としゅう動形態

荷重変動型摩擦摩耗試験機「HHS 2000」

表2 シリンダボア切り出し片表面粗さ

シリンダボア 表面処理	表面粗さ (μm)			
	Ra	Rz	Rpk	Rvk
未処理 (切り出しのまま)	0.28	8.2	0.53	0.38
WPC - A	0.28	7.3	0.4	0.47
WPC - B	0.41	11.7	0.71	0.73

(新東科学株式会社製)により往復しゅう動試験を行った。

8. 試験条件

図4に試験片取付状態概略を示す。このようにシリンダボア切り出し試験片とピストンリング(1stリング)切り出し試験片をHHS2000に取り付けた。また試験条件を表3に示す。

なお、摩擦による発熱の影響を極力抑えるために試験は低速で実施した。

9. 摩擦係数の計測

摩擦係数の計測に関しては、500往復しゅう動を実施し、なじみが完了し摩擦係数が十分に安定する最後の100往復しゅう動の摩擦係数の平均値を用いた。

10. 試験結果

しゅう動試験結果を図5に示す。油温80℃の状態においては、MoDTCが処方され

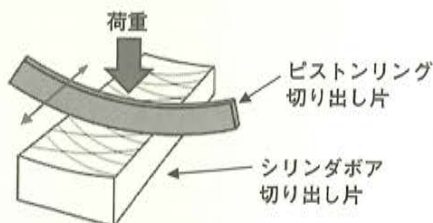


図4 試験片取付状態概略

表3 しゅう動試験条件

項目	内容
しゅう動形態	往復しゅう動
しゅう動行程	2mm
しゅう動速度	1mm/sec.
垂直荷重	800g
しゅう動回数	500 往復
しゅう動部潤滑形態	試験前エンジンオイル塗布
エンジンオイル粘度	0W-16
MoDTC 添加濃度	700 ppm
試験温度	40℃ / 80℃

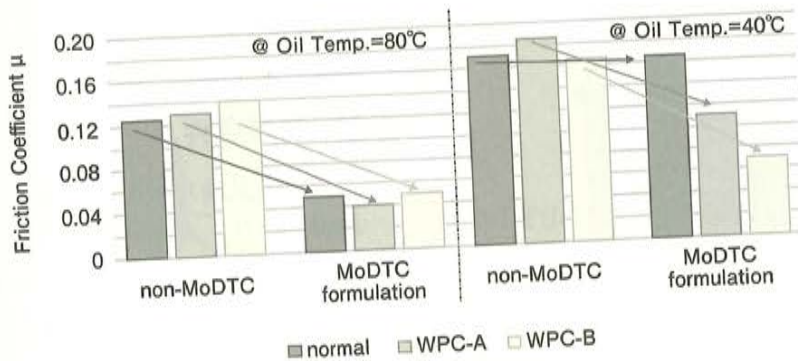


図5 しゅう動試験結果

ていないエンジンオイルの場合は、シリンダボアしゅう動面にWPC処理を施していないクロスハッチホーニングのままの表面と、クロスハッチホーニング表面にWPC処理したもので摩擦係数に大きな差はない。

これに対しMoDTCが高濃度で処方されたエンジンオイルでは、WPC処理の有無によらず摩擦係数が6割以上低下しており、MoDTCのフリクション低減効果が顕著に表れた。

油温40°Cの条件においては、MoDTCが処方されていない場合は、やはりWPC処理していないクロスハッチホーニングのままの表面と、クロスハッチホーニング表面にWPC処理したもので摩擦係数に大きな差はない。

しかしMoDTC配合オイルでは、WPC処理していないクロスハッチホーニングのままのしゅう動面は摩擦係数の低下が見られないが、WPC処理を施した2水準のものは摩擦係数が4割以上低くなった。

11. 試験結果考察

MoDTCを添加した油温40°Cのエンジンオイルによるしゅう動試験において、表2に示すようにWPC処理条件を調整することで面粗さを変更したWPC-AとWPC-Bのしゅう動面は、いずれもWPC処理を施していないクロスハッチホーニングのままの表面に対し

摩擦係数が低減した。これはWPC処理によるしゅう動面の盛り上がり部分で反応が促進され、またディンプルによるオイルの保持性が向上することで反応領域へのオイルの供給量が増加することで、結果的にMoDTCの反応が促進し摩擦が低減したと推察する。

関係する過去の研究²⁾では、図6、図7に示すようにしゅう動面の盛り上がり部分に特異的にトライボフィルムが形成されたとの

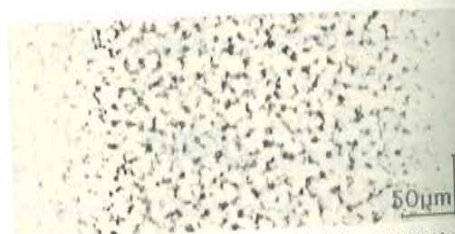


図6 ショットピーニング処理を施した試験片のボールオンディスク摩擦試験後の光学顕微鏡観察像²⁾

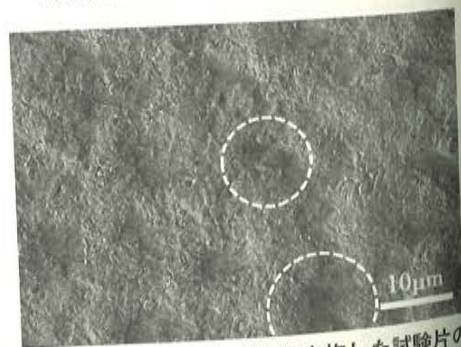


図7 ショットピーニング処理を施した試験片のボールオンディスク摩擦試験後の走査型電子顕微鏡観察像²⁾

報告がなされている。

またMoDTC添加, 油温40℃においてWPC-AよりWPC-Bの摩擦係数が小さかった結果に関しては, 反応場となるしゅう動面の突起部について考えると, WPC-AよりもWPC-Bの方が表面粗さパラメータのRpkが大きく, 大きなディンプルが形成されていることから, 反応エリアの増大とその部分へのオイルの供給が増した結果と推察する。

12. 今後の展開

今後はMoDTC反応促進要因の特定等のメカニズム解析によるWPC処理条件の見直し, ピストンスカートやすべり軸受によるしゅう動試験, また実用化に向けた実機試験等を行い, 更なる低フリクション化を目指したい。

潤滑 NEWS

日本能率協会, 「KAIKA Awards 2017」受賞企業を発表

日本能率協会(JMA)は, 「KAIKA Awards 2017」の受賞企業を発表した。

「KAIKA Awards」は, 社会価値を生み出す持続的な経営・組織・人づくりを行っている取り組みを称え, 紹介するための表彰制度。2017年度は公募による応募組織の中から審査委員会の審議を経て, 「KAIKA大賞」2組織, 「KAIKA賞」4組織を決定した。また, 審査委員会の推薦により, 我が国の災害復興に関連する優れた活動を行う3組織に「特別賞」の贈賞を決定したほか, 応募の中からテーマ

の重要性, 取り組み方のユニークさなどを持つ7組織を「特選紹介事例」として選出し, 本年は特別に, Awards創設時から毎年応募し, KAIKAの考え方を支持・活用している1組織に感謝の意を込め, 「グッドパートナー賞」の贈賞を決定した。表彰式(および審査委員による解説)は, 2018年2月7日(水), 赤坂インターシティコンファレンス会議室(東京都港区)で開催される。なお, 次年度は, 2018年2月から募集を開始し, 同年12月に受賞発表を行う予定。受賞結果は下表の通り。

【KAIKA大賞】

- ・中日本高速道路: 「コミュニティの創生を目指した新たな地域連携の仕組みと人財育成」
- ・原田左官工業所: 「次世代の左官職人育成プロジェクト」

【KAIKA賞】

- ・内野製作所 「人・組織から会社を変え常に成長する。」
- ・ユニバーコミュニケーションズ: 「常駐型ITエンジニアの働き方&キャリア改革」
- ・クォールアシスト: 「『働けない』から『働ける』への転換〜目の前に社員がいない組織の工夫と実践〜」
- ・明電舎, コアネット: 「小学生向けのものづくり教室」

【特別賞】

- ・ISHINOMAKI 2.0 (宮城県)
- ・いわてアートプロジェクト実行委員会 (岩手未来機構) (岩手県)
- ・チーム熊本 (熊本県)

【グッドパートナー賞】

- ・竹中工務店

【特選紹介事例】

- ・風曜日・てしかがえこまち推進協議会 UD 部会: 「ユニバーサルな観光地を目指して・・・!!!」
- ・セブチーニ・ホールディングス: 「一人ひとりが活躍できる社会の実現にむけたプロジェクト AI 型人事システムを活用した地方学生向け『オンライン・リクルーティング』〜交通費・宿泊費を一切かかず, エントリーから内々定までウェブで完結〜」
- ・全日本空輸: 「ANA BLUE WING プログラム」
- ・東京都環境公社: 「東京から水素社会の未来を発信! 一水素情報館『東京スイズミル』における環境学習事業」
- ・東邦レオ: 「『グリーンなライフスタイルを実現 内と外を繋げる『街のENGAWA』づくり マンションを起点に暮らしが広がる緑を媒介にしたコミュニティビジネス」
- ・ナカダイ: 「多様な価値観と自由な発想で, 廃棄物処分量からコベルニクス的に事業転換したナカダイ直マーケティングビジネスモデル」
- ・富士通アドバンスエンジニアリング: 「『コミュニケーション・ホスピタリティ』を活用し『人・企業・社会』を豊かに変えていく職場活性化の取組〜これからの時代を生き抜く, 新たなエンジニア人材創出に向けて〜」