

—「元気印」企業—

不二WPC

(神奈川県・厚木市)



発展的な連携の中で、技術を追求

★ レースの世界で技術を磨く

WPC(Wonder Process Craft)処理とは、金属材料に20～200μmの微粒子を毎秒100m以上の高速でぶつけることで、金属の内部圧縮応力高め疲労強度を上げるほか、金属表面にマイクロディンプル(MD)=オイル溜まりを作り潤滑性能やなじみ性を向上させる。二硫化モリブデン(MoS₂)の微細粉をぶつけた(モリブデンショット)場合には、高純度のMoS₂膜が金属最表面に形成されるため、著しいフリクション低減効果を示す。

WPC処理では1997年から不二WPCが独占的に事業を開始、当初は疲労強度を高める効果から工具関係で採用されていたが、市場の広がりが緩やかなことからアプローチしたのが、モータースポーツの世界だった。

エンジンパーツでは、高速回転・高出力の過酷な状況で油膜切れが起こりやすい。また駆動系パーツには、エンジンのパワーアップやクラッチの伝達容量アップなどに伴い、大きな繰返し荷重が加わる。これに対しWPC処理は、低フリクション化でパワーロスを低減、表面の疲労強度を上げ油膜を保持して、異常摩耗やクラックを防ぐ。ル・マン用レースカーへの採用を皮切りにパーツ強化手法として知られるようになり、今ではチューニングカーから、FボンやGT

選手権用のマシン、さらにはF1マシンにまで採用されている。

過酷なマシンで磨かれた技術は市販車にも転用されている。ピストンスカートとトップリングにMD処理したHondaシビックでは、焼付き荷重・耐摩耗性の向上と油膜保持によるフリクション低減が、ピストンスカート部にモリブデンショットしたHondaフィットでは、大幅なフリクション低減効果の持続による燃費向上が実現している。

今年8月には、NAKAJIMA RACINGのチームスポンサーを引き受けた。チームの勝敗を左右するマシンの性能アップに貢献しながら、データを積み上げ、WPC技術の強化にフィードバックしていく考えだ。

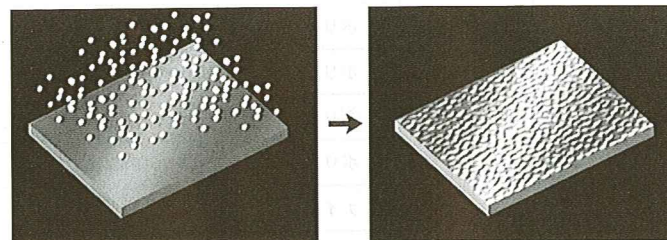
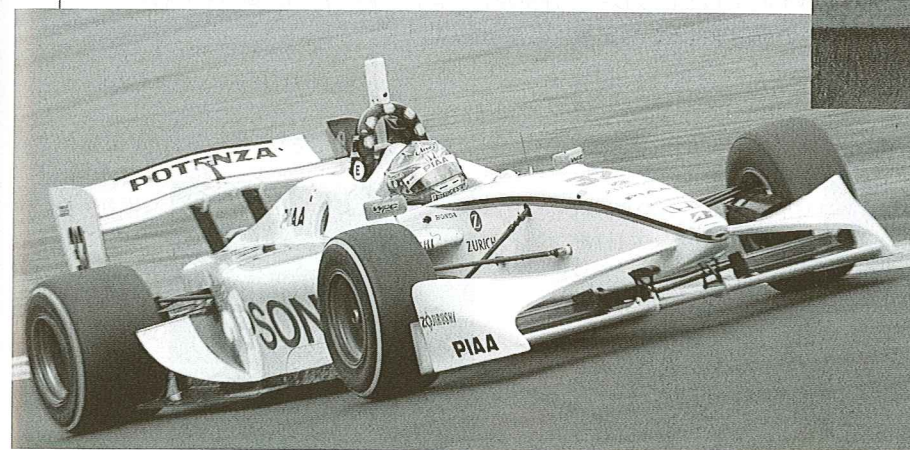


図1 WPC処理

8月30日、大分県オートポリスで開催されたフォーミュラ・ニッポン(Fボン)第7戦決勝。元F1レーサー中島 悟氏が率いる「NAKAJIMA RACING」の小暮卓史選手が優勝、チームのチャンピオンシップ獲得も決まった。コースレコード1'32.556をたたき出した小暮選手のスイフト・017.n FN09がゴールした瞬間、そのマシンのサイドミラーにある、「WPC」のロゴが大きく映し出された。



★ 最高品質の供給で、より良い関係を

レースなど過酷な環境での耐久性を上げる技術を追求するとともに、その技術の有用性・有効性を理論面から裏付ける産学公の共同研究に積極的に参画している。そうした中でアルミ部材へのDLC(ダイヤモンドライクカーボン)の密着性を上げるWPC+DLC複合処理など新規技術が開発され、また工具・金型、医療機器と適用分野も拡大するなど、業容も変わってきている。しかし同社には、創業以来一貫した理念がある。

それは、「ユーザーに最高品質の製品を安定供給すること。品質マネジメントの国際規格ISO9001を認証取得、

全従業員が一丸となって品質管理に取り組む。

「だから量産はやらない」下平英二社長は断言する。「量産の話になると、品質や性能よりもコストが優先されがち。当社では品質が最優先。いいものを作って売って、それによってユーザーがいい結果を出して、我々もその対価をいただき、さらにいいものを作る。そういうWin-Winの発展的なサイクルで事業を進めたい」と。

11月には本社工場を相模原市に移転、WPC処理装置を30台に増設し受注拡大に対応する。DLC処理装置も1台導入しWPC+DLC複合処理を始めるが、WPC処理がDLC膜の信頼性を向上させることを売り込むねらいだ。Fボンなどを通じWPCの露出度をさらに高めつつ、WPCを核に、部材の機能性アップに挑む。



図2 WPC+DLC複合処理 ピストン

(株)不二WPC

【事業内容】 WPC処理の受託加工、WPC処理装置の販売、その他装置の販売

【代表者】 下平英二

【資本金】 1000万円

【従業員数】 9名

表2 Fuel Efficiency, Sequence VID (Draft spec. May 12 2009)

SAE 0W-20 viscosity grade :	2.0% FEI 1minimum after 16hours aging
	1.7% FEI 2minimum after 100hours aging
SAE 5W-20 viscosity grade :	1.8% FEI 1minimum after 16hours aging
	1.5% FEI 2minimum after 100hours aging
SAE 0W-30 viscosity grade :	1.6% FEI 1minimum after 16hours aging
	1.3% FEI 2minimum after 100hours aging
SAE 5W-30 viscosity grade :	1.4% FEI 1minimum after 16hours aging
	1.1% FEI 2minimum after 100hours aging
SAE 10W-30 and all other viscosity grades not listed above :	1.2% FEI 1minimum after 16hours aging
	0.9% FEI 2minimum after 100hours aging

以下とし、厳しくしている。

GF-5で注目されるのはやはり省燃費の目標設定であるが、現在ドラフトスペック¹⁾では最も低粘度のグレードである0W20および5W20は、GF-4での規定と同様に、xW20の表記とするか、分けて規定するか検討を進めている(表2)。同じ粘度グレードである5Wと0Wでも、80℃以上では、両者のトルク低減率の差は小さいが、40℃、60℃では低温粘度が低い0Wの方が5Wと比較してトルク低減率が高い。こうした理由から日本では、0Wが主流となっている。粘度に対する目標値の設定に関して、GF-4と同様にxW20の分類とした場合、0W20のポテンシャルに対して目標値を低く設定することとなり、開発の余地を狭めることとなりかねない。このため、粘度グレード間の目標値に関し、統計的な有意差を保ちつつなるべく簡素化したい米国側と、0Wによる省燃費性を追求したい日本側とで、議論が続いている。

5. ディーゼルエンジン油規格

JASO (Japanese Automobile Standards Organization) の「JASO M355 自動車用ディーゼル期間潤滑油」では、API規格で不足していた部分を補完する形で作られた規格であり、適合したエンジン油は、「DH-1」「DH-2」「DL-1」に分類される。

「DH-1」種は、摩耗および腐食防止、高温酸化安定性、すす対策、などの性能

向上を必要とする長期排出ガス規制対応エンジン用として開発。ここに適合したエンジン油は、ピストン清浄性の悪化、高温デポジットの生成、泡立ち、蒸発オイル損失によるオイル消費、せん断粘度低下、オイルシール劣化、などを抑制する性能を有する。また、長期排出ガス規制以前のエンジンにも対応でき、エンジンメーカーのオイル交換距離推奨に従うことを前提に、硫黄分が0.05%を超える軽油を使用する場合にも適応する。

「DH-2」「DL-1」種は、新短期規制以降の排出ガス規制に対応するためにディーゼル微粒子捕集フィルタ(DPF)や、触媒などの後処理装置を装着したエンジン用として開発。これらに適合したエンジン油はDH-1種の要求性能を保持しつつ、DPFや触媒への適合性を持つ。ただ、トラック・バスと乗用車ではエンジン耐久性、オイル交換距離、省燃費性などへの要求レベルが異なるため、ヘビーデューティ用(DH-2)とライトデューティ用(DL-1)と設定している。また、硫黄分0.005%以下の低硫黄軽油を使用する環境下でのみ使われる。

現在JAMAでは今後のJASO規格について、省燃費、バイオ燃料などの今後の課題に対応することを考えている。現在の規格は、品質を保証する必要最小限の規格のみが規定されており、省燃費性やバイオ燃料に対するロバスト性向上などの項目は設けられていない。JAMAでは、新たな規制動向を注視し、新規格を適切

な時期に作りたいと考えている。

自動車に強く求められている省燃費、環境対応により、今後もエンジン油の規格動向に大きな動きがあるだろう。GF-5も、2010年のスタートに向けて、調整・協議が続けられている状況だ。これらの規格の動きを注目していきたい。

参考文献

- 1) GF-5 draft specification May 12 2009.

特集1 自動車：エンジン編

DLC／微粒子ピーニング複合処理によるエンジン・アルミニウム部品への適用技術



加納 眞

神奈川県産業技術センター 機械・材料技術部 材料物性チーム
トライボロジー専門研究員

表 自動車関連のDLC適用技術事例

適用部品	DLCコーティング		DLC特性
2輪車エンジン用ピストンリング	CVD	a-C : H	シリンダアルミ材料との高い耐スカuffing摩耗特性
SUV車両用ディファレンシャルギヤ	CVD	a-C : H	高い耐ピッチング摩耗、耐スコアリング摩耗特性
SUV4WD車両用トルク制御カップリングクラッチ	CVD	a-C : H-Si	高い摩擦係数、優れたμ-V特性、耐摩耗性
F1エンジン、駆動系摺動部品	CVD	a-C : H	低フリクション特性と耐摩耗性
ディーゼル燃料ポンプ(プランジャ、ワッシャ、プッシュ、ニードル)	CVD	a-C : H	ディーゼル燃料潤滑下での高い耐スカuffing摩耗特性
自動車ガソリンエンジン用バルブリフト、ピストンリング、ピストンピン	PVD	ta-C	低フリクション特性と耐摩耗性

1. はじめに

自動車などの燃費改善に貢献できる材料技術の一つとして、DLC(Diamond-Like Carbon;ダイヤモンド状炭素)の適用が急増し始めている。表には、自動車関連部品へのDLCコーティング適用事例を示す。DLCの優れた耐摩耗性、摩擦特性を活かし、部品の高寿命化やコンパクト化、フリクション低減による燃費向上につなげている。すでに量産実用化が始まっていることから、DLCコーティングの信頼性向上、低コスト化も同時に進んでいることが分かる。しかしながら、これらの適用は、すべて鉄系合金基材上へのコーティングに限られており、アルミニウム合金基材への量産実用化事例は見当たらない。

2. 開発の狙い

本開発の狙いは、微粒子ピーニングによるアルミニウム合金基材の表面改質技術と優れたトライボロジー特性を有するDLCコーティング技術を複合化することで、新たなアルミニウム摺動材料を創出することである。本研究は、「環境調和型機能性表面」プロジェクト文部科学省

【著者問合せ先】

〒243-0435 神奈川県海老名市下今泉705-1
Tel.046-236-1500 Fax.046-236-1525
E-mail mkano@kanagawa-iri.go.jp

(2006~2009)・神奈川県(2006~2011)の一つのテーマとして取り組み得られた成果である基盤技術を基に、2009年4月よりNEDO「事業化促進プロジェクト」を通じて、エンジン・アルミニウム合金摺動部位へのDLCコーティング技術の適用・実用化を目指す発展的テーマとして実施されている。

3. 技術課題および実験結果

ここでは、2輪車エンジン用アルミ製ピストンおよびアルミ製シリンダへの適用を狙ったアルミニウム合金基材へのDLCコーティング技術を紹介する。

基材硬度が低く、炭素との反応性に乏しいアルミニウム合金を対象として、工業的に十分な密着・耐摩耗性を発揮できるDLCコーティング技術の実用化事例は見当たらない。鉄系合金基材へのDLCコーティングに活用されているナノメートル単位のクロム、シリコンなどのスパッ

タ膜による中間層の形成では、アルミニウム合金基材に対しては、十分な密着・耐摩耗性が得られない。

そこで、本研究では数十μm単位の硬度上昇が期待できる図1に示す微粒子ピーニング法¹⁾を用いて、アルミニウム合金基材の表面改質を試みた。炭素との親和性が高いタングステン微粒子(53μmメッシュアンダー)をアルミ合金A5052表面に高速投射したところ、図2に示すように表層にタングステン粒子が微細に分散した約10μmの層とその直下に40μmの機械的に硬化された層の2層からなる硬化層が形成された。この50μmの硬化層は、図3に示すようにA2017合金においても同様に形成された。しかしながら、図4に示すように、微粒子ピーニングしたままの状態ではDLCコーティングした場合に比べて、凹凸が大きいために、鋭利な凸部にはDLC膜が厚くまだらに形成されている様子が観察された。また、鋭利な凸部に

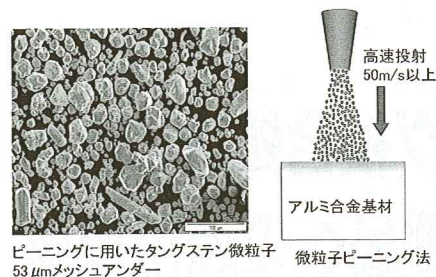


図1 微粒子ピーニング法

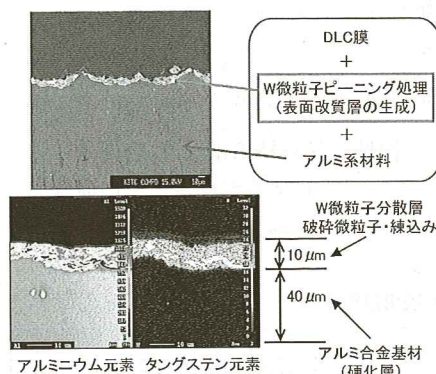


図2 微粒子ピーニング改質断面の状況

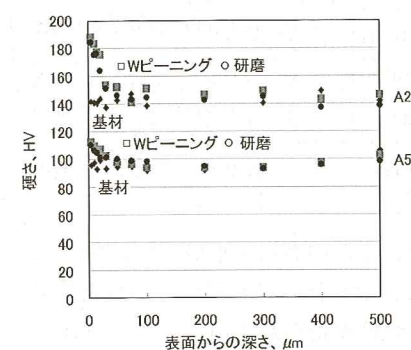
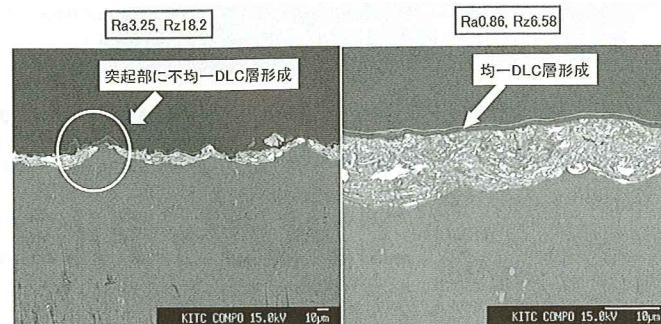


図3 微粒子ピーニングによる硬度上昇

形成されたDLCは、摺動時の接触面圧が非常に高くなるために容易に摩滅することが予想できる。そこで、微粒子ピーニング処理に続いて軽い研磨処理を行い、鋭利な凸部の除去と丸みを形成した後にDLCコーティングした結果、図4の右側に示すようにDLC膜を均一に形成させることができた。

次に、アルミニウム合金基材への表面改質処理の効果としてコーティングしたDLC膜の実用的な密着・耐摩耗性を評価する必要がある。しかしながら、従来から硬質薄膜の密着性評価として使われているスクラッチ試験やロックウェル硬度計を用いた圧痕試験では実際の摺動環境での膜の耐久性との良い相関性が得られ



タングステン微粒子ピーニング面(A5052基材) タングステン微粒子ピーニング+凸部研磨

図4 改質表面DLCコーティング膜

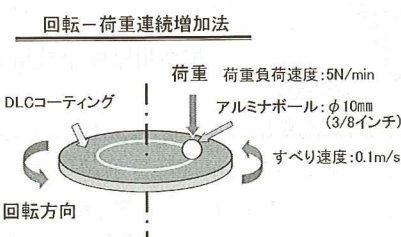


図5 連続荷重増加摩耗試験法

ない。そこで、今回新たに開発した連続荷重増加摩耗試験法(図5)を用いて²⁾、アルミ合金基板上に形成したDLCコーティングの密着・耐摩耗性の評価を実施した。

A5052基材研磨面にDLCコーティングしたディスクを回転させ、図5のようにアルミナボールを押し付け、連続的に荷重を上昇させていった。その結果、図6左上側に示すように、約40Nの荷重がかかった時点でAE(Acoustic Emission)が急増し、その直後に摩擦係数が上昇した。AEは破壊時に発生することから、DLC膜が破壊、剥離が生じた後、下地のアルミ合金が部分的に露出したためその接触により摩擦係数が急増したものと考えられる。タングステンピーニング面にDLCコーティングしたディスクでは、図6右上側に示すように、摩擦初期の低荷重ですぐに摩擦係数およびAEが急上昇しており、密着・耐摩耗性は平滑面に形成した場合よりも悪化してしまった。この結果は、図4で示した鋭利な凸部のDLC膜が、予想通り容易に摩滅、剥離したものと思われる。一方、タングステン微粒子をアルミ合金表面に高速投射し、研磨による鋭利な凸部の除去、丸みを形成した後、DLCコーティングした図6下側では、

密着・耐摩耗性(限界荷重)が約70Nと大幅に向上した。

アルミニウム合金基材に対するこの表面改質によりA2017、A5052基材の両方で、40~70%の限界荷重の向上が図れた(図7)。さらに図7の結果を詳しく検討すると、表面改質によるDLCコーティングの密着・耐摩耗性向上メカニズムを理解することができる。まずは、図3に示した断面硬度と限界荷重を見比べると、各々の表面改質(平滑面、ピーニング面、凸部研磨面)ごとで、硬度が高いA2017の限界荷重がA5052よりも高い値となっている。すなわち、DLCコーティングの基材の硬さは高いほうが密着・耐摩耗性が改善されることが分かる。一方、硬度が低いA5052の凸部研磨の限界荷重が、硬度が高いA2017平滑面の限界荷重よりも明らかに高くなっており、タングステン分散層の形成がDLC膜の密着・耐摩耗性向上に大きく貢献していることが分かる。さらには、平滑面に対して凸部研磨品の限界荷重の向上比率が低いA2017では、A5052に比べて、表面粗さが小さくなっていることから、タングステン分散層を除去しすぎていることが考えられる。この結果からDLC膜の密着性・耐摩耗性の改善には、アルミ基材上への密度の高いタングステン分散層形成が重要であることが分かった。

本表面改質技術を用いてDLCコーティングしたアルミ合金製ピストンを試作しエンジン試験を実施した³⁾。その結果、図8に示すようにDLCコーティングしていないアルミニウム合金ピストンスカート部に比べて、DLCコーティングピスト

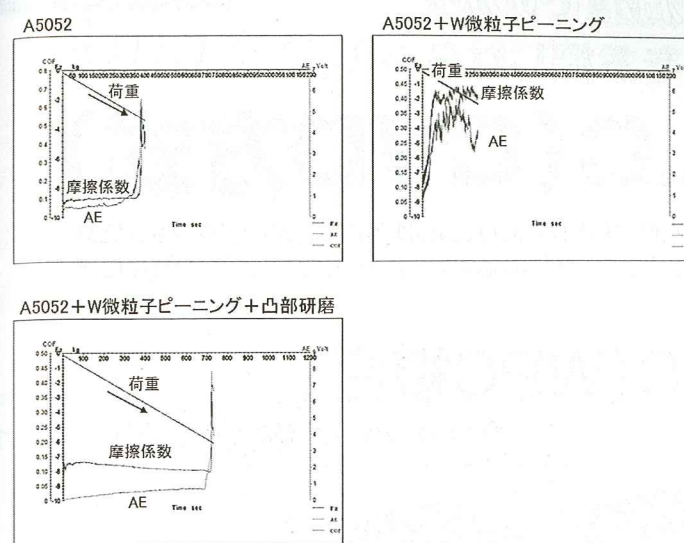


図6 DLC膜の密着・耐摩耗性評価



図8 ピストン適用における耐摩耗性改善

ンでは、凝着を伴うスカuffing摩耗は観察されず、明らかな耐摩耗性の改善効果が認められた。さらに、このDLCコーティングピストンを組み込んだエンジン搭載車での、全開性能試験および耐久レースを実施しているが、焼付きや摩耗を伴うエンジントラブルは全く発生していない。これらの結果から、本表面改質技術を用いてDLCコーティングしたアルミ合金製ピストンは、耐摩耗性向上という観点からは大きなポテンシャルを有していると思われる。今後、燃焼室の冷却性改善やDLCコーティングによる摩擦低減によるエンジン性能向上効果の定量評価を実施する予定である。

以上説明したとおり本技術は、一般的なエンジンへの量産適用に向け、種々の製造条件の最適化、量産品質技術やコス

ト低減などの課題はあるものの、軽量、小型化、高出力化および低フリクション化を兼ね備えた究極のエンジン創出に大きく貢献できるものと思われる。さらには、エンジンに限らず、種々の摺動部品に使われているアルミ合金へのDLCコーティング適用におけるブレイクスルー技術に成り得ると思われる。

4. 今後の展望

以上説明してきたように、アルミニウム合金基材上へのDLCコーティング技術の実用化ポテンシャルは非常に高いものと判断される。図9に示すように、種々のプロセスにより成膜されるDLCコーティング、アルミニウムなどの基材への表面改質技術と環境調和型潤滑剤を上手く組み合わせることにより、あらゆる産業

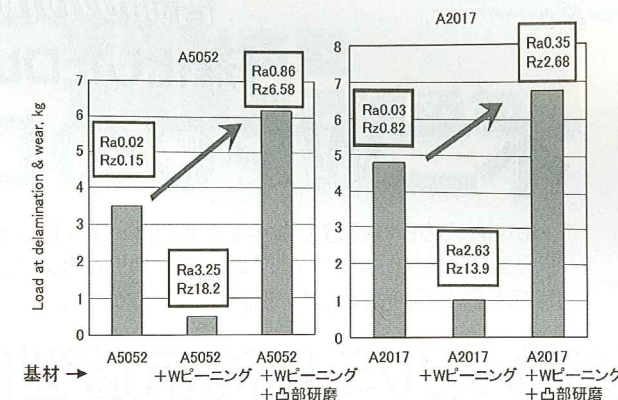


図7 改質による密着・耐摩耗性の改善

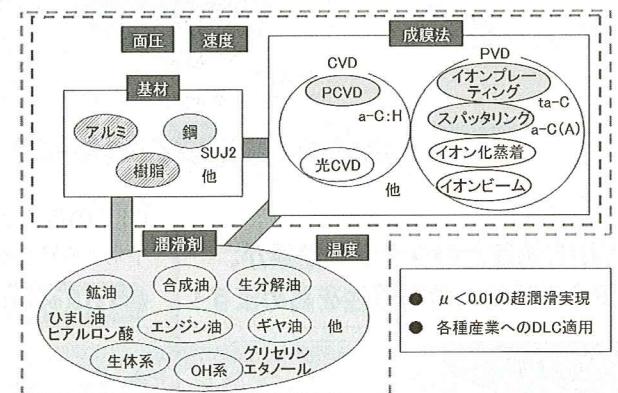


図9 環境調和型DLCコーティング技術の進展

における摺動部位の摩擦損失を大きく低減できるものと期待される。DLCは、製造段階、適用段階での学問的に未解明な課題が多く残されているものの、資源問題に関与しない炭素を主成分としていること、人との生体反応性が小さく人に優しい材料であること、必要な厚さだけをコーティングすればよいといった長所を有しており、今後の究極の環境調和型省資源技術として工業適用されていくものと思われる。

参考文献

- 1) 加賀谷忠治: トライボロジスト、47、12 (2002) p869.
- 2) 堀内崇弘、ほか: 2007. 9 トライボロジー会議佐賀講演予稿集、p421.
- 3) 日刊工業新聞、2009年1月16日掲載記事.

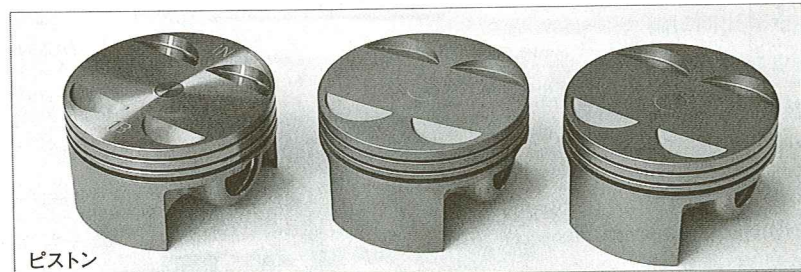
普通のDLCで満足ですか?
「進化したDLC」をお探しなら...

不二WPCのDLC(CVD方式)

クルマに求められる省エネルギー性能は、年々レベルアップが要求されており、あらゆる摺動部のフリクション低減が必要不可欠なものになってきます。不二WPCでは、このようなニーズにお応えするため、様々なエンジン部品に適用できるDLC技術の開発を推進していきます。

進化その1 アルミ用高密着型DLC(WPC複合)

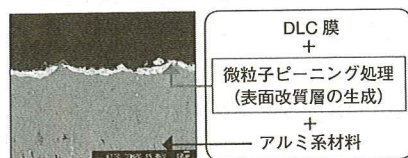
Reinforced by WPC-Treatment



ピストン

高効率、省燃費を実現する!自動車エンジンでのDLC処理例

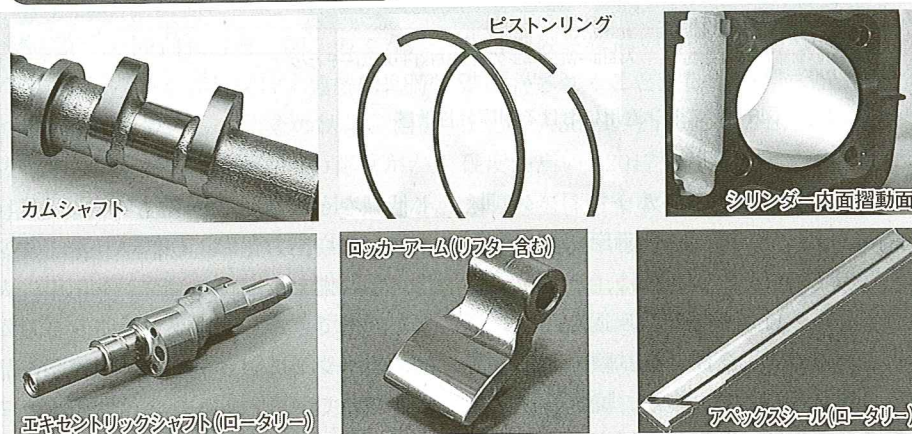
WPC処理とのシナジー効果が、アルミ部材への密着性を高めます!



DLCの摩擦抵抗の小ささは金属への凝着性の低さにも通じますが、これはつまり、処理したい面にもDLCが付着しにくいことを示します。特にアルミ部材とは密着性が低く、使用に不適とされていました。不二WPCでは、この問題を解決するためにDLC専用のWPC処理をプライマーとして活用し、DLC膜の密着性を大幅に向上させました。

DLCの最大の弱点である密着性を大幅に改善! エンジン部品からプラネタリーギヤなどの駆動系パーツなど幅広く適用可能です。

DLC処理可能なパーツ例



進化その2 ドロップレットレスで後研磨は不要!

ドロップレットあり



ドロップレットなし



DLCの成膜時に起こる微細なクレーター状の突起(ドロップレット)は、後研磨に多大な工数が掛かります。当社では、ドロップレットの少ない成膜法を採用しています。

株式会社不二WPC

〒243-0801 神奈川県厚木市上依知1388-1
Tel. 046-246-1191

URL: <http://www.fujiwpc.co.jp/>

11月24日より下記住所に移転いたします。 〒229-0011 神奈川県相模原市大野台4-1-83

Amazing Chemicals

「アデカ」は磨き抜かれた技術と研究開発力によって、地球上に住む人々に化学品で感動と驚きを提供する企業でありたいと思います。

環境対応型 高性能潤滑油添加剤

アデカエコロイヤル

- ・新規開発品
無灰型酸化防止剤 AIN-シリーズ

アデカサクラール

- ・有機モリブデン化合物

アデカキクルール

- ・無灰型FM剤
- ・リン酸エステル系
- ・ZnDTP

Amazing Chemicals **ADEKA**

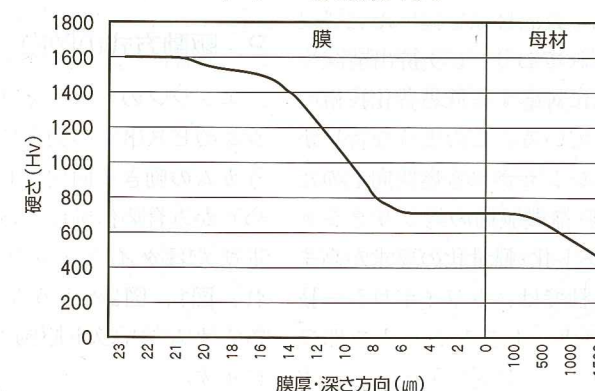
お問合せ先
株式会社ADEKA
本社 〒116-8554 東京都荒川区東尾久7-2-35 TEL (03) 4455-2834
大阪支社 TEL (06) 6245-2141 / 福岡支店 TEL (092) 411-5856
名古屋支店 TEL (052) 582-7754
<http://www.adeka.co.jp> ■ 相馬工場 ISO9002及びISO14001認証取得

自動車摺動部品の耐摩耗性向上・耐焼付き性向上に!

クロームドッペ-N処理 (PVDコーティング)

- ◆摺動部品の耐摩耗性、耐焼付き性向上を目的としたコーティング技術です。
- ◆処理温度が200℃以下のため、機械構造用鋼への適用が容易です。
- ◆スパッタリング法で成膜するため、膜表面の仕上がり状態が平滑です。
- ◆膜の硬さを調節する事で、衝撃による膜の割れを防止します。
- ◆特に自動車、オートバイ用エンジン、ミッション関連部品の耐摩耗、耐焼付き性改善に大きな効果を発揮します。
- ◆プラスチック、ゴム等の金型に対する耐摩耗、耐食、離型効果も向上します。

ドッペ膜傾斜例



DOWA

DOWA THERMOTEC CO., LTD

DOWAサーモテック株式会社

お問い合わせ先

〒467-0854 愛知県名古屋市瑞穂区浮島町19番1号
TEL 052-693-0620 FAX 052-693-0682
URL <http://www.dowa.co.jp>