

idlers

大人になった自動車少年の本 *magazine*

25



Chevrolet Camaro

怒濤のマッスルレーサー

マシンコンセプトを 活かすためのチューンメソッド

86/ニューミニ/スィフト・スポーツ/アバルト500/Z/FD/R3

Maserati MC12 Versione CORSE

スーパーカーの美

シェルビーコブラ・デイトナクーペを作る

タイヤマネージメントで自分の走りが見えてくる

金属コーティングのノウハウ/ニカジルコーティングの再加工

新オイル技術FTソフトマター/ABSとブレーキチューン

エキゾーストでパワーは変わるのか?

Morassutti Sport

世界に1台のスポーツカー

摺動部潤滑の新たな考え方を掴め

エンジンやギアボックスといったパワートレインには多くの摺動部分がある。金属部品同士で構成された摺動部には必ず油脂による潤滑が施され、接触の可能性がある金属はお互いが異なる素材になるように配慮されている。フリクションを低減し、なおかつフェイルセーフな発想に成り立っていること、これは基礎中の基礎だ。

異なる素材を用いる理由は、科学的に分子と電子の観点で見ると、同じ材質同士というのは同一の電子を持つので常と一緒になろうとする。例えなら水と水を混ぜると同体になるのと同様、電子が呼び寄せて付いてしまうためだ。仮に油膜が境界潤滑となり、こういった物質の性質が金属の摺動部分で発生すると摩擦による発熱で化学反応が起こり融着、つまり焼き付いてしまう。なので、同材質の摩擦、摺動は御法度で、たとえオイルで潤滑しているとはいえ、万が一の状況を考えてお互いの材質は異なるものを使うべきだろう。

ブッシングやメタル、また軸受けベアリングを使うのもそのような意味がある。あるいは、摺動部分にメッキや窒化処理などを施すことによって接触部位の材質を変えるのだ。ただし唯一、ギアボックス内のギア同士の摺動には、こういった処置が容易にできないために、クロモリ同士の構成となり、潤滑油によってのみ対処している場合が往々にしてある。これは、油膜が切れ

るとたちまちカジリ損傷が起きるといった危険性ははらんでいるからである。

そこで、金属へのコーティングや金属表面の改質技術が俄然注目されてくる。油膜の保持性能の向上や材質そのものに潤滑性能を持たせることが、部品の耐久性やパワーロスの防止に大いに役立つからである。

ギアへのコーティングで弱点を克服

ギアボックスの場合、前述のようにギア同士の潤滑はオイルに依存している部分が大きい。しかも、歯車同士の噛み合いや歯車自体の組み付け、あるいはシンクロナイザーのように変速のためにスライドをしながら連結と解放を繰り返す部品も組み込まれている。こういった環境は摺動部に多くの遊びを発生させ、金属接触、境界潤滑に陥りやすい過酷な状況となる。

このようなオイル任せのギア保護から積極的に脱却する方法が、ギアボックスを構成するパーツへの表面改質技術やコーティング技術に他ならない。まず、油膜の保持性能の向上を狙ってWPCのマイクロディンプル処理が効果を発するであろう。同時に疲労強度の向上も常に駆動するギアパーツにあってその効能は期待できる。

さらに、接触する可能性がある金属部品の材質を異なるものとするために、一方のギアにDLCを施す。ダイヤモンドライクカーボンの名の通り、DLCの表面はカーボンなので、コーティングすることによってクロモリとカー

金属コーティングのノウハウ

金属へのコーティング技術は日々進化し、その適応の方法も常に新たなメソッドが開発されていると言って良い。

ただただ金属を頑丈にするだけのテクノロジーではなく、さまざまな箇所で最良の組み合わせによってより高い効果を生み、メーカーの設計や初期性能を超えるスペックを追い求めることが可能なのである。

文：田代基晴
取材協力：株式会社不二WPC
神奈川県相模原市南区大野台4-1-83
042-707-0776 <http://www.FujiWPC.co.jp>

ギアのコーティングは異質金属の接触に変更させることができる。黒いギアがDLC、グレーがWPCである。

ボンの摺動へと変更することができる。万が一、オイルを貫通して金属が接触しても保護される。もちろん、フリクションの低減にもつながるから理想的な手法と言えるのだが、その施工箇所の構成には充分配慮をする必要がある。DLC同士が接触するような状況では、その効力を発揮できないばかりか、皮膜はあっという間に剥離してしまうのだ。最先端のコーティング技術とはいえ、摺動の基礎ルールは守らなくてはいけない。

事例をあげるならば、スプラインでシャフトに固定されたギアにDLC、そこに噛み合うギアはWPCといった構成である。加えてシンクロナイザーのスライド部分には固形金属潤滑としてスズをコーティング(焼結)するメソッドもある。こうした処理を施したギアボックスの油温が10℃も低下した事実があり、摩擦低下はもとよりパワーロスにも効果的なことがデータとして読み取れる。

ピストンリングへのコーティング

ピストンリングはシリンダの内面に追従して常に密着し、シール性を発揮することが求められる。昨今の自動車ではピストンリングは薄く作られボア追従性を重要視、エンジンオイルも低粘度で充分な密閉性を維持できるために5wや0wといった低粘度オイルを用いてフリクションを軽減するケースが多い。



ピストンリングにコーティングすることで、こういった最新の方法論を適用させ、性能向上を期待することができる。ピストンとピストンリング、シリンダ壁の関係を思い出して欲しい。ピストンリングの外周部分は常にシリンダ壁に擦られているのは分かると思うが、リングはピストンの溝に載っている状態であることを理解したい。溝の中でリングはピストンの動きに応じてカタカタとフラタリングしたり、摺動しながらボアに追従している。とくに燃焼行程となると、爆発的にシリンダ内部の圧力が高くなるのでピストンリングは押し下げられ、下面に大きな面圧を受ける。

そこで、特にピストンリングの下面にDLCを施すことによって、ピストン溝との抵抗が軽減されてリングの動きをスムーズにし、ボア追従性を向上させて密閉度を高くするということはもちろんだが、下面圧力への耐久性を強化することで、リングそのものの機能を守るという意味が大きい。なお、表面の硬度は上がるが、張力が影響を受けることはほとんどない。

これは圧縮性能の向上や燃焼時のパワーロス防止、また、ピストン自体のフリクションを減らすことにつながり、高効率なエンジンへとチューンアップが望めるのだ。

コーティングのノウハウを学べ

コーティングや金属表面の改質技術は日々進歩していると言っても決して過言ではない。そして、エンジンやトランスミッションのこういった部分にどのようなコーティングを施せばより良いコンディションが作り出せるのか。それはまさにクリエイティブな作業であり、チューンアップのコンダクタともいえるノウハウとスキルになる。

例えば、基本的にはDLCは摺動部分に施すもの。部品が壊れるからDLCをするのではなく、接触する相手の部品の耐久性を高めるために使うものだ。DLC自体は硬いので、一步間違えれば相手部品に対する攻撃性が極度に高くなってしまふ。そこは注意が必要で、その大きな原因になるのは「角」の処理だ。刃物と呼ばれるものにはエッジがある。面ではものは切れないから角が不可欠だ。返せば、危険な角をなくすために、部品を加工処理するときには面取りすることが不可欠になる。角をなくすようにアールで丸めれば刃物ではなくなる。こういった細やかな手間がコーティングの重要なノウハウとも言えるのだ。

この斬新で、魅力的な技術は今後も進化を続けることだろう。常にレポートを続けていきたいと思っている。



ピストンリングへのDLCは効果的。溝内での摺動抵抗が小さくなることでリングのボア追従性が良くなり、密閉性が向上する。

アルミシリンダの耐摩耗性と

摺動性能を向上させるニカジルコーティング。

昨今、特許問題がクリアされ、再加工を行うことが可能になった。

コストのみならず、材質的にもメリットがある再めっきに加え、

さらなる製品クオリティ向上に挑む不二WPCに話を伺う。

文：田代基晴

取材協力：株式会社不二WPC

神奈川県相模原市南区大野台4-1-83

042-707-0776 <http://www.FujiWPC.co.jp>

ニカジルコーティングの功罪

ニカジルコーティングはアルミシリンダブロックに耐摩耗性と摺動性能を持たせるために開発された技術だ。アルミニウム素材にニッケルシリコン合金のコーティングを施すことによって表面の強度や摩耗、摺動抵抗に対する機能を飛躍的に向上させることを目的としている。

ニカジルに限ったわけではないが、こういったコーティング技術の進化によって、従来は鋳鉄を用いるか、あるいはアルミブロックに鋳鉄のシリンダライナーを装着することでピストン（厳密にはピストンリングだ）との摩擦に耐えるようになっていた旧来のエンジン設計から脱却して、アルミシリンダが採用できるようになったわけだ。

アルミニウムの放熱性の高さ、膨張率の低いこと、軽量といった利点に加え、コーティングによって得られる鋳鉄を上回る高耐久性が、この処理の魅力となっている。

素材的には必要不可欠な進歩、かつ秀逸な技術なのは分かる。しかし、ニカジルコーティングが施されたアルミシリンダに摩耗やコーティングの剥離による障害が起きた場合には、シリンダ交換といった多額の修理費用が必要になることが難点となっていた。

メーカーにおいて再加工処理という方法もあるのだが、現実的に全てのメーカーで対応しているわけではなく、いずれの場合でもリペアに多大なコストがかかることが大きな問題点と言える。例えばボルシェの場合は再加工には対応せず、シリンダとピストンがセットになってひと組が10万円、全部換えれば材料費だけで60万円コースである。これは厳しい。

同様のコーティングが再加工可能に

ニカジルコーティングとは久しく独マーレ社の特許であったことが多分に問題点を抱えることになったと言える。しかし、『ニカジル』の商標に関しては依然マーレ社に属するものの、製法特許自体は期限が切れ、同様の処理が広く行える環境になった。これは朗報である。実際、本稿で取り上げたのも、メーカーではないサードパーティが同様のコーティング加工を行うことができたようになったからである。

その処方は、ニッケル-シリコンカーバイド（Ni-SiC＝ニッケル-炭化ケイ素）複合電解メッキとなる。被膜の厚みが50～70ミクロンと厚く耐摩耗性が高いコーティングとなる。シリンダへの作業上は研磨処理前に100ミクロン程度の厚みで施工した後に、研磨によって寸法精度を得るものだ。

ちなみに『コーティング』とは広義で表面を異なる素材で被覆することを意味し、金属イオンを化学反応によって被膜として形成（プレーティング）するのを『メッキ』としよう。なのでニカジルは電解メッキで正解となる。

横道ついでに、ニカジルはニッケルを素材とするので、ピストンはアルミのままでも焼き付きの心配はない。類似のシリンダコーティングでカールシュミットのA



再メッキ処理、ブライトホーニング、そしてWPCが施されて見事に蘇った空冷ボルシェのシリンダ。金属が安定したうえに修正がなされ、初期性能を超える仕上がりが期待できる。



水平対向エンジンなので、縦方向と横方向で摩耗の度合いが異なる。サンプルの計測では30ミクロンの差、これを再加工によって真円に対し15ミクロン差に納めるようにする。

ニカジルコーティングの 再加工

ルシル (Al-Si) があるが、これはアルミニウムがコーティングの素材となるために、焼き付き防止策としてピストンの表面にはスティールが溶射されている。なので混同しないように注意が必要だ。互いに従来と異なる組み合わせは不可、同種金属の摺動では焼き付きを起こしてしまう理屈を理解しておきたい。

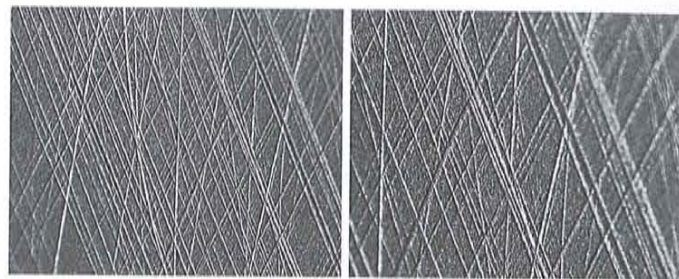
再メッキとWPCで性能向上を

さて、注目すべきニカジルコーティングの再加工処理である。今回話を伺うのは不二WPCだ。ニカジルコーティングをライセンス生産していたメーカーと連携して空冷ポルシェに対応するニカジルシリンダの再メッキ処理を行ったという。

その工程は、まず従来のニカジルメッキをエッチング処理によって溶かして除去することから始まる。その後シリンダの内面にニッケル-シリコンカーバイド



手前が再メッキ処理後、奥が加工前のシリンダである。見た目の仕上がりから異なるが、膜厚の厚いコーティングによって寸法精度がピストンに最適化されることが重要だ。



左が100X、右が175Xの顕微鏡写真。プラトーホーニングの後にWPC加工を施したクロスハッチである。オイル保持性能向上はもとより、削り目の角が取れて摩擦低減の効果がある。

電解メッキを施す。前述のようにメッキの被膜を厚くすることができるので、20～30ミクロンのシリンダボア偏摩耗はこの段階で修正することができると話す。これは大きなメリットだ。

工程としてはメッキ加工後、クロスハッチのホーニングを行い、プラトーホーニングを施してシリンダ径を求めていく。新品のピストンであれ、従来品を流用するケースであれ、ピストンサイズに合わせてシリンダクリアランスを揃えることができるのだ。それが実際には15ミクロン以内で加工できる。製品精度として求められるのは20ミクロン程度が許容範囲なので、十分に高い精度と言える。

製品としては温度をかけて剥離試験までも行っている。つまり、高温時の密着確認だ。そうして初期不良に対するブルーフを行っている。要するに品質保証的な処置を確実に行うことで信頼性を高めているのだ。

最終的にシリンダ全体にWPC加工を施すことになる。メッキ部分のホーニングもWPCによってさらにエッジが取れ、オイル保持性能の向上とともに耐フリクション性が向上すると話す。

再メッキ処理のコスト

こういった再メッキ処理のコストはどうか。例えば、シリンダを再メッキ加工し、ピストンを新品にした場合にかかる部品や加工に関する金額は、マーレ社のボアアップキットとほぼ同額であろうという。ノーマルボアで良ければエンジンマネージメントを考慮する必要がないので選択肢としては充分検討に値するし、ピストンが流用できるのであれば、リングを換え、ピストンにWPC処理を施したとしてもコスト的には充分に優位性はある。

再加工のメリットは金属の安定

さらに再メッキのメリットとしてあげられるのは、シリンダの材質であるアルミニウムが材料として十分に落ち着いているということにある。トルクをかけて組み付けられ、熱が入ることによってひずみが出つくし、金属素材として馴染みがでているからだ。つまり、それ以上の変形がない、安定して熟成した状態になっているということの意味は大きい。

この状態で再加工によってシリンダボアの真円度を得れば、より精度を保持する時間が長くなるということだ。新品にない馴染みを活用できるのはもちろん、コスト的な優位、そして、この先いつまで新品のパーツが入手できるか、といった問題にも対応できることになる。愛車に長く乗るためにも、重要な技術とインフラと言えよう。

シリンダの再メッキ加工に加え、ピストンやシリンダにWPC、リングやピストンピンにDLCなど、トータルに施工することによって圧縮性はあげられる。これは性能向上に直結した最新の加工技術と言っても過言ではない。エンジンは、良い吸気、良い圧縮、良い点火こそが使命、効率の良い圧縮を得るための再メッキ技術には着目すべきであろう。