

月刊 トライボロジー

THE TRIBOLOGY

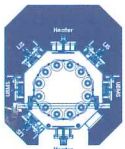
2015 **4** No.332

 パーカー熱処理工業株式会社
PARKER NETSUSHORI KOGYO CO.,LTD.

 Z-Tech
Advanced Plasma Technology



Hybrid PVD System
CarboZen シリーズ



チャンバー内部断面図



リニアイオンソース



UBM スパッター

特集

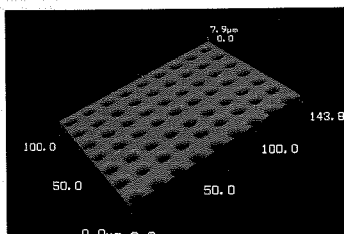
軸受技術
表面改質技術

密着性の高いDLC膜を成膜する「CarboZenシリーズ」
パーカー熱処理工業

短パルスレーザ加工とDLC被覆の複合処理によるトライボ特性の向上

熊谷正夫

(株)不二WPC 技術部 部長



1. はじめに

自動車などの輸送機器、産業機械の動力伝達系やリニアガイドなどの移動・搬送系では、摺動が不可欠であり、摺動抵抗(摩擦)によるエネルギー損失(輸送機械では燃費の悪化、産業機械では電力消費の増大)は膨大である。摺動部の摩擦低減は直接的なエネルギー消費の低減だけでなく、振動や騒音の低減、摩耗起因の部材の損傷防止による安全性の確保など波及効果は大きい。とりわけ、今後の成長分野である医療関連機器や食品機器などでは、潤滑油の使用に制限がある、低振動・低騒音が要求されるなど、摺動部に求められる特性がシビアであり、特性の一層の向上が求められている。

当社は、従来のWPC(微粒子投射加工)処理やDLC(ダイヤモンドライクカーボン)被覆による低摺動部材の開発を基礎に、短パルスレーザ加工と研磨処理、DLC被覆の複合による、摺動特性の向上について取り組んでいる。本稿では、その取り組みについて紹介する。

2. テクスチャ形成による摺動抵抗の低減

現在、摺動部表面に微小な形状(テク

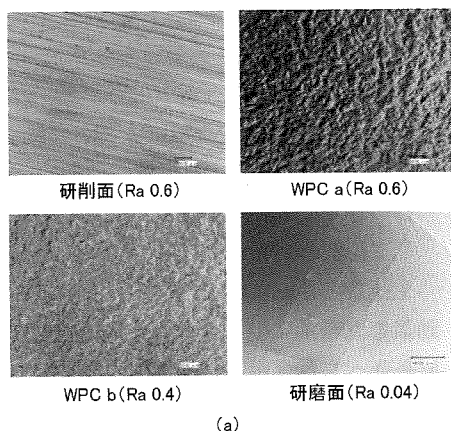
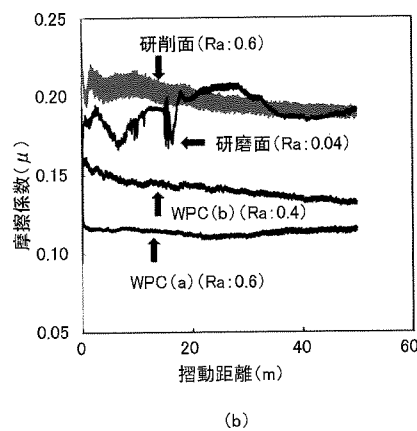


図1 研磨、研削面とWPC処理面のレーザ顕微鏡写真(a)と摩擦摩耗試験結果(b)



スチャ)を形成し、摩擦・摩耗特性の向上を図る取組みが種々行われている。テクスチャの形成手法は、機械加工、レーザ加工や微粒子の投射(WPC処理)などが行われている。

当社は、WPC処理を用いたテクスチャ形成により、摺動抵抗の低減を実施している。WPC処理は数十 μm 以下の微粒子を各種部品(材料)に高速で投射し、表面に塑性変形による残留応力の付与やテクスチャ(微細ディンプル)を形成する表面処理法である。WPC処理によるテクスチャは10~30 μm φ、1~3 μm 深さ程度の微小ディンプル状のものである。WPC処理による摺動抵抗の低減例を以下に示す。クロムモリブデン鋼に対して、研磨、研削とWPC処理(2水準)を施した試験片を作製し、ボールオンディスクによる摩擦・摩耗試験を行った。試料は、形状

を保持するためにDLC被覆を施して、摩耗による形状の変化を低減させている。レーザ顕微鏡観察結果ならびに摩擦・摩耗試験の結果を図1に示す。特徴的には、研磨面の摩擦係数はWPC処理面より高く、不安定な挙動を示している。一方、WPC処理した試料では摩擦係数も低く、安定しており、WPC処理によるテクスチャ形成が摺動特性の向上に有効なことが確認される。

摺動部のテクスチャの形成は、トライボ特性の向上に有効であるが、鉄鋼など金属材料にテクスチャを形成した場合、テクスチャの摩耗にも対応する必要がある。DLC被膜は耐摩耗・低摺動材料として、テクスチャの保護に有用である。WPC処理とDLC被覆との複合処理を、輸送機器部材や金型に適用することにより、燃費向上や寿命延長などが実現され

【著者問合せ先】

〒252-0331 相模原市南区大野台4-1-83
Tel.042-707-0776 Fax.042-707-0779
E-mail kumagai@fujiwpc.co.jp

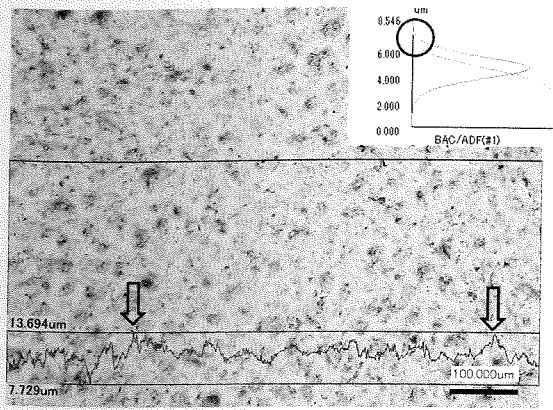


図2 WPC処理面の粗さ曲線とベアリング曲線

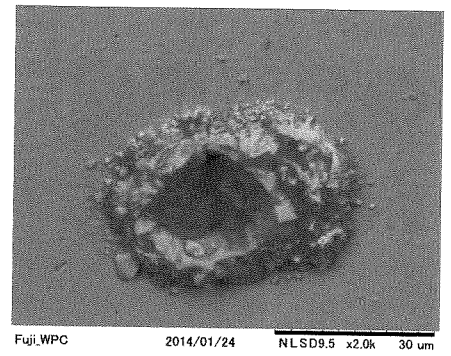


図3 ナノ秒レーザーによる加工痕

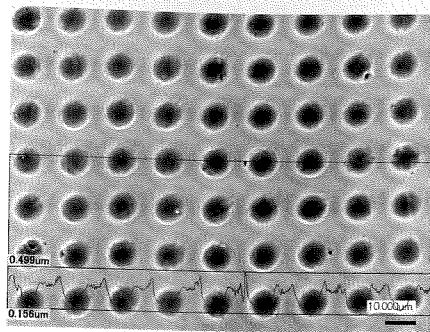


図4 ピコ秒パルスレーザーによる加工例のレーザー顕微鏡による形状測定

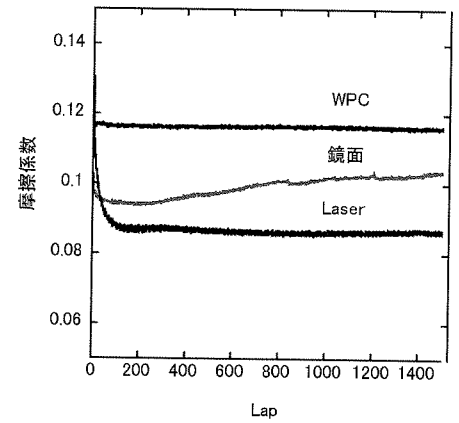
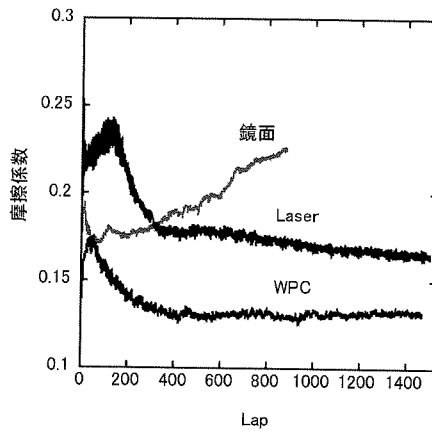


図5 レーザ加工、WPC処理、鏡面の摩擦特性
(a)無潤滑 (b)潤滑油中

ている。WPC処理とDLC被覆の複合の課題は、使用する環境(相手材、面圧、潤滑油など)によっては、相手攻撃性の増大やなじみ過程が持続するなどの事例も発生する。WPC処理はランダムに表面形状を形成するために、凹凸に分布が生じる。WPC処理面の粗さ曲線とベアリング曲線を図2に示す。図に示した凸部やベアリング曲線上の突出高さ(Rpk)が相手攻撃性の要因と考えられる。DLC被覆がない場合、摺動初期で凸部が摩耗し、より安定的な摺動状態に移行する(いわゆる、なじみ)。DLC被覆を施すことにより、初期の形状が保存され、相手攻撃性が維持されることやなじみ過程が持続するなどの現象を起こすと考えられる。

WPC処理は、試料形状に制限が少ない、低コストである、疲労強度が向上する、などの利点を有するが、DLC被覆と複合し、より低摺動を実現する場合、突出高さ(Rpk)を低減したテクスチャの形成など、表面形状の作り込みが必要であ

る。

3. 短パルスレーザー加工によるテクスチャの形成

表面形状形成にあたり、凸部を形成しない処理として短パルスレーザー加工とDLC被覆の複合処理について検討した。実用的な短パルスレーザーには、ナノ秒、ピコ秒、フェムト秒などがあり、パルス幅が短いほど熱的効果が少なくアブレーションが主となってくる。鉄鋼(金属)材料に対する予備的な試験では、図3に示すように、ナノ秒レーザーでは加工痕に酸化と考えられる盛り上がりが見測され、満足な加工形状が得られなかった。また、フェムト秒レーザーでは加工形状は良好であったが、高価であり、維持費も必要とするため、ピコ秒レーザーによる加工について検討した。

ピコ秒レーザー加工のレーザー顕微鏡による観察を図4に示す。微細穴が形成されていることが確認される。鏡面、WPC処理、レーザー加工を施した試料にDLC被覆を施し、摺動特性をボールオンディスク摩擦試験機により評価した。試験は無潤滑ならびに潤滑(油塗布)で行った、試験結果を図5に示す。摺動試験の結果、WPC処理と比較してレーザー加工の優位性は(とりわけ無潤滑では)明確ではない。その理由として、レーザー顕微鏡観察で確認できるように、加工痕周辺に凸部が存在しており、摺動特性に影響を与えていることが考えられる。加工痕ならびに加工痕周辺のFIB(集束イオンビーム)による断面観察の例を図6に示す。加工痕の表面には、溶融の結果と考えられるバリならびに再結晶組織が確認される。短パルスレーザーによる加工は、一般に、

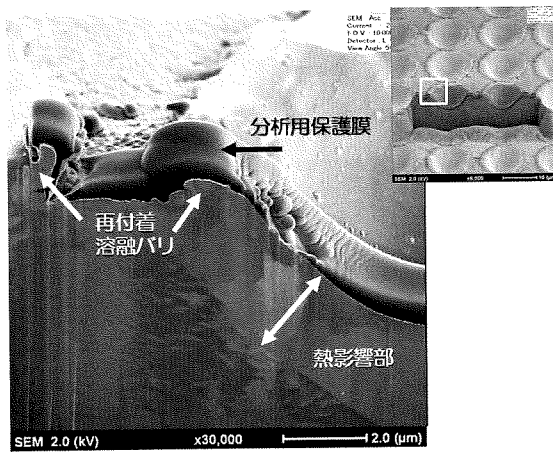


図6 加工痕ならびに加工痕周辺のFIBによる断面観察像

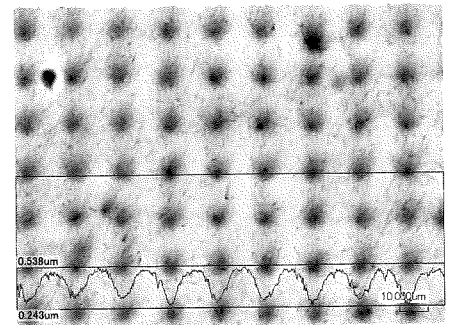


図7 研磨処理後のレーザー加工のレーザー顕微鏡による形状測定

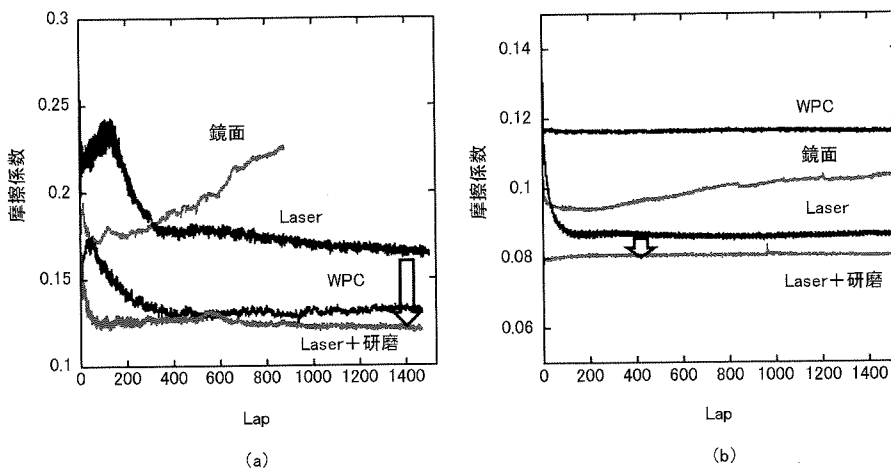


図8 レーザ加工面の砥粒研磨による摩擦特性の改善 (a)無潤滑(b)潤滑油中

アブレーションが主であり熱影響が少ないと言われているが、レーザー光は電子系を励起するために、自由電子が存在する金属の場合、熱影響は不可避であると考えられる。また、アブレーション物質の再付着も観察され、加工部周辺の清浄化が必要である。さらに、金属材料は負荷により容易に変形するため、摺動部の変形に伴う、加工痕エッジによる摺動抵抗や相手攻撃性についても、考慮する必要がある。

4. 砥粒研磨によるレーザー加工部の清浄化

レーザー加工部の清浄化に砥粒研磨を試みた。砥粒研磨は弾性体(ゴムなど)にダイヤモンド砥粒などを担持させ、部品表面に投射することにより、表面の研磨を

行う方法であり、担持するゴムの種類や砥粒などのサイズや材質により、種々な材料や部品に適應できる。また、砥粒投射による加工であるために、複雑な形状の部品に対しても研磨が可能である。砥粒研磨を施したレーザー加工痕のレーザー顕微鏡観察ならびに形状測定の結果を図7に示す。バリ、付着物の除去だけでなく、エッジの丸めも實現されている。

砥粒研磨を施したピコ秒レーザー加工後にDLC被覆を施した試料の摺動試験の結果を図8に示す。砥粒研磨を施すことにより、条件(潤滑の有無)に係らず、摩擦係数の低下が實現されている。また、摺動初期の摩擦係数が大幅に低下していることが確認される。砥粒研磨は弾性体による研磨のため、負荷による下地変形と等価の磨り減り摩耗が實現されるた

め、スムーズなじみ過程後の表面状態が形成され、摺動特性の向上が図られたものと考えられる。

5. おわりに

ピコ秒レーザー加工、砥粒研磨ならびにDLC被覆を複合することにより、低摺動表面の形成が實現できた。短パルス(ピコ秒)レーザー加工はテクスチャ形成に有効な手法であるが、DLC被覆と複合する場合、表面形状の作り込みが必要である。砥粒研磨は表面形状の作り込みに有効な手法である。

短パルス(ピコ秒)レーザー加工ならびに各種表面改質との複合は、本稿に示したように有用な手法である、しかし、生産性や部品形状の制限などの限界も有している。

一方、WPC処理は生産性や部品形状の制限も少なく、疲労強度の向上などの効果も付加される。そうした点から、各種表面改質の複合化や使用環境に合わせた手法の選択が、今後ますます重要になってくると考えられる。

当社では、WPC処理、DLC被覆あるいは砥粒研磨などの表面改質の技術的な開発を行っているが、さらに、ピコ秒レーザー加工技術を導入することにより、より広範囲の目的への対応が可能となっている。