

油圧・空気圧技術雑誌

2016 **12**

油空圧技術

695. Vol.55. No.13

特集：フルードパワーを支える
熱処理・表面処理

Hydraulics & Pneumatics

圧縮空気用 超乾燥器

膜式エアードライヤー

圧縮空気を供給するだけで

大気圧露点温度 $-17^{\circ}\text{C} \sim -65^{\circ}\text{C}$

の超乾燥・クリーンなエアーが得られます。



MD60SM-8型



MD50SM-6型



MD40SM-6型



MD30SM-4型



神奈川県
優良工場受賞



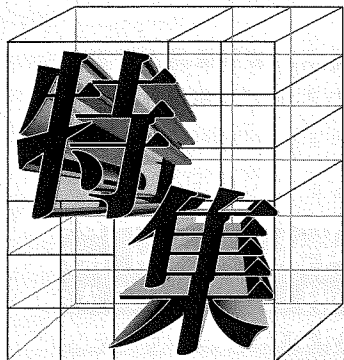
ISO14001

(株)フクハラの製品は、国際標準化機構の環境規格(ISO14001)認証取得工場で製造しています。

感動をもたらす
省エネ、環境関連機器をデザインする

FK 株式会社フクハラ

http://www.fukuhara-net.co.jp/



フルードパワーを支える熱処理・表面処理

WPC処理ならびにその複合技術

About WPC treatment and the composite technology

WPC処理による機械構造用部品の特性向上と
硬質薄膜形成技術

(株)不二WPC 熊谷 正夫

1 はじめに

油空圧機器などの産業機器や部品製造のための金型、工具などの加工用治具には、様々な構造部品や摺動部品が使用されている。構造部品の損傷防止、長寿命化は、製品寿命の延長だけでなく、安全性確保など社会生活も含めて重要な課題である。加工用治具でも、部品の安定供給や部品精度に係っている。現在では、部品素材の清浄度等の向上もあり、製品や部品の損傷は、摩耗と疲労破壊が主な要因となっている。

部材の損傷対策には、熱処理を含む様々な表面改質が行われている。これらの表面改質は主として部品の全体あるいは表面層に硬化層を形成し、耐摩耗性を向上させることを目的としている。一方、材料の耐摩耗性と耐脆性は相反するため、硬化層の形成は、疲労強度や破壊靱性の低下をもたらす可能性があり、硬化層形成に当たっては、使用する部品に対する負荷、交換時期などの検討が必要である。さらに現在では、機器や部品の軽量化、小型化などの結果、部品にかかる負荷はより増大している。そのため、部品の信頼性の向上には、耐摩耗性のみならず疲労強度や破壊靱性の向上も含めた、複合処理が必要となってきている。

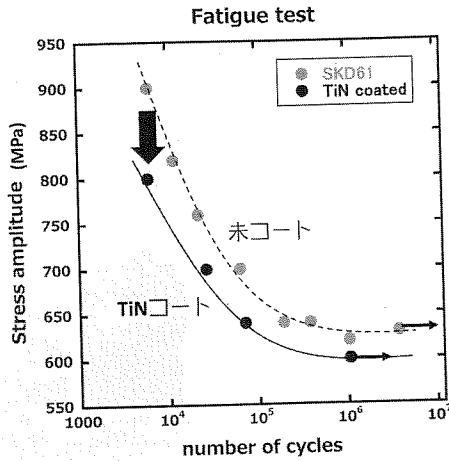
本稿では、WPC処理（微粒子投射処理）による、機械構造部品の疲労強度の向上と微細ディンプル（凹凸）形状の形成による摺動特性の

向上、ならびに、WPC処理と硬質皮膜形成の複合処理の効果について紹介する。

2 WPC処理とは

金属材料に各種の粒子（メディア）を投射すると、粒子の特性（硬度、靱性、形状、粒径など）や投射条件（速度、投射量など）に対応して研磨、加工硬化や表面形状の形成などが起きる。一般に、研磨作用が主となる処理をブラスト、加工硬化や形状形成などが主となる処理をショット・ピーニングと呼ぶ。WPC処理は微粒子衝突法、微粒子ピーニングなどともいわれ、ショット・ピーニングの一種であり、投射粒子に微小粒を使用することが特徴である。

WPC処理では数 $10\mu\text{m}$ 以下の微細粒子を、数 100m/sec .程度で速度で投射する。通常のショット・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 10m/sec .~ 100m/sec .程度である。投射粒径が小さく、高速なことにより、WPC処理特有の表面改質が可能となる。具体的には、微小粒径、高速度の投射により、被投射材表面に大きな塑性変形をもたらす。ショット・ピーニングとWPC処理によりもたらされる材料表面の変形の模式図を第1図に、実際の一つの粒子の衝突による変形の様子を第2図に示す。第2図はSCM425材にハイス鋼粒子を投射した例のFIBによる観察結果である。



第5図 合金工具鋼 (SKD61) ならびに TiN被覆合金工具鋼 (SKD61) の疲労試験結果

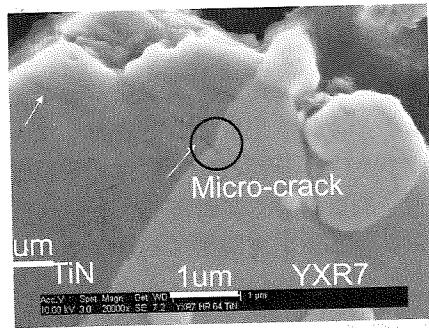


写真2 TiN被覆高速度鋼 (YXR7) の破壊のSEMによる解析例 (断面観察)

ス薄膜被覆により疲労強度が低下する要因となることが確認される。

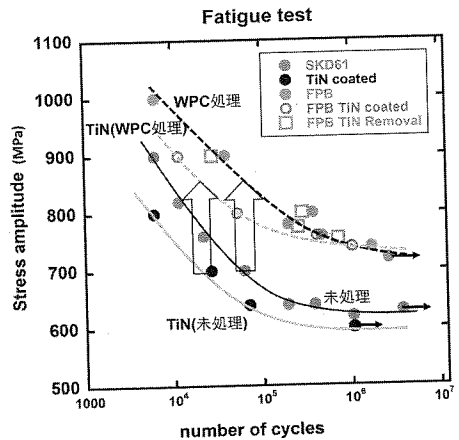
セラミックス薄膜被覆により寿命延長と疲労強度の低下が同時に起きることは、機械部品や金型の故障要因が摩耗から疲労破壊に変化することを示している。故障要因としての摩耗は、摩耗は急激な損傷に発展しにくく、寿命予測が付きやすいため比較的管理しやすいが、疲労破壊は突然 (確率的) に発生するために、機械部品などでは事故要因となる、金型などでは大量の不良品が生産されるなどの問題があり対策が必要である。

上記課題の解決のため、WPC処理とセラミックス薄膜形成との複合化による疲労強度の向

上の例を示す。PVD法では膜質向上のために、基板加熱を行いながら成膜するのが一般的であり、WPC処理による疲労強度の向上は圧縮残留応力の寄与が大きいいため、加熱による残留応力の変化についても検討する必要がある。

基材として合金工具鋼 (SKD61) を用いて、TiN被覆を行いWPC処理による疲労強度にあたる効果について検討した。TiN膜の成膜時の熱履歴は、昇温1時間、成膜2時間 (最大500℃) である。表面の圧縮残留応力の測定結果では、未処理試料で500MPa (試料作成時に付加されたと考えられる)、WPC処理後は1,000MPa、成膜後TiN膜を除去した試料では800MPaであり、上記の熱履歴により多少応力の低下がみられた。

試料として未処理材 (SKD61●)、WPC処理 (FPB●)、未処理材+TiN (TiN coated●)、WPC処理材+TiN (FPB TiN coated○)、WPC処理材+TiN剥離 (FPB TiN Removal□) を用いた。WPC処理材+TiN剥離では、TiN被覆後化学的にTiN膜を除去し、WPC処理の熱影響を確認した。試験結果を第6図に示す。結果から、WPC処理後試料とTiN膜除去試料ではほぼ同一のSN曲線となっており、残留応力の多少の低下にも係らず、今回のTiN膜生成の熱履歴ではWPC処理による疲労強度には影響を与え



第6図 合金工具鋼 (SKD61) ならびにTiN被覆合金工具鋼 (SKD61) へのWPC処理による疲労強度の向上

ないことが確認される。TiN被覆の影響は、低サイクル側での低下はあるものの、WPC処理により未処理試料に対し向上していること、高サイクル側ではTiN被覆による疲労強度の低下がほとんど起きていないことが確認される。

硬質薄膜形成とWPC処理との複合技術の有用性は、上記の結果かからあきらかである。とりわけ、高サイクル側で硬質薄膜形成とWPC処理との複合により、耐摩耗性向上と疲労強度向上が実現できることは実用上重要である。

硬質薄膜形成とWPC処理との複合では、疲労強度向上だけでなく、様々な複合効果を得ることができる。疲労強度の向上では、摺動部品ではWPC処理による摺動特性の向上により、部品に与える負荷を低減させ、より長寿命化となる。一方、摺動特性の向上に関しても、表面形状（テクスチャー）が硬質薄膜により保護され形状が保持されることによる長寿命化が実現される。硬質薄膜形成とWPC処理との複合は、硬質薄膜形成の前だけでなく、硬質薄膜形成後においても可能であり、硬質薄膜の内部応力の制御なども可能であり、適応する部品の使用条件や故障要因に対応した処理が可能である。

5 表面改質と材料設計

Ti系やCr系などのセラミックス被膜は、高硬度材料であり耐摩耗性あるために、金型、加工用工具をはじめとして幅広く使用されている。しかし、セラミックス被膜は柱状組織を有するために亀裂が入りやすいこと、多くは真空アーク法を用いているために溶融飛滴（ドロプレット）による凝着の起点が生成しやすいなどの課題がある。近年、高硬度・低摩擦材料として用いられているDLC（ダイヤモンドライクカーボン）も、膜自体の良好な特性にもかかわらず、密着性など様々な課題を有している。

硬質薄膜形成などを含む表面改質では、熱処理をはじめ様々な手法がある。それらの手法はそれぞれ特徴があり、万能な手法は存在しないことは明らかである。実部品にそれらの手法を

適応する場合、使用する条件（負荷、温度、潤滑油の有無など）により、効果が異なり、最適な手法の選択が必要である。また、現在では、ダウンサイジング等により、より部材サイズが小さくなってきており、それに伴い、部材に対する負荷も大きくなってきている。一方では、要求項目もより長寿命、低騒音等、厳しくなってきた。そのため、各種手法単独での要求実現は困難となっている。そのため、単独処理ではなかなか要求実現が困難であり、各種手法の複合化が必要となってきた。複合化に当たっては、各手法が相反する場合がある、例えば、成膜の温度でせつかくの熱処理材が軟化してしまうなども生起する。技術の複合化に当たっては、使用条件や各処理過程も含めた材料設計的な検討が必要である。

6 おわりに

WPC処理は、材料表面層の塑性変形を利用する処理のため熱的な影響を受けにくい、加工領域が表面からミクロン領域のため部材の変形が起きにくい、他の手法（熱処理、硬質膜被覆など）との組み合わせで、順序を選ばない等、複合化に適した処理である。WPC処理の効果は、圧縮残留応力の負荷、結晶粒の微細化（ナノ化）や表面形状の形成が複合的に起きるため、効果の切り分けが難しい、複合化によりより新しい効果が生まれる等、今後の発展性のある処理である。

筆者紹介

熊谷 正夫

(株)不二WPC 技術部 取締役 技術部長
博士（工学）

<主なる業務歴および資格>

WPC処理、DLC被覆、短パルスレーザ加工等の
受託処理