

金属部品・金型の寿命延長による  
環境負荷低減技術

METAL SURFACE TREATMENT  
**WPC**

株式会社不二WPC

# 高みを目指して

お客様に最高かつ安定した品質の製品やサービスを供給すること。

それは弊社の使命であると考えております。

そのために弊社は製品の品質保証と、顧客満足及び改善を含む組織の管理まで踏み込んだ品質マネジメントシステムの要求事項を規定した国際規格ISO9001を取得致しました。

お客様に満足して頂ける、最高の品質を提供するために、弊社は以下の品質方針を基に、品質管理を行ってまいります。

お客様の立場に立って、よく思考し、独自の固有技術と品質管理を用い、全従業員が一丸となってお客様から信頼を得る製品を提供します。

品質方針を全従業員に徹底するために、以下の方針を定めています。



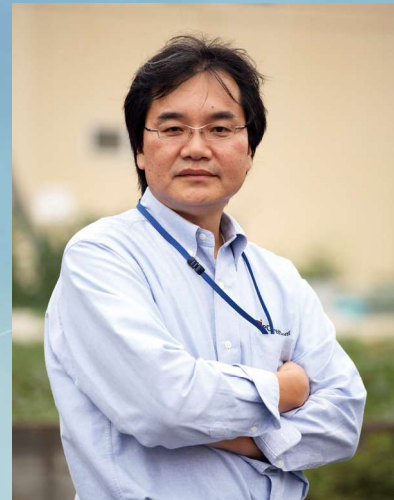
## 品質方針

- 1** 全従業員が品質方針を達成するために、必要な品質目標を設定する。
- 2** この品質マニュアルは、ISO9001に基づきノークレームを目標として、ユーザーに適合した製品を提供する。そのために、実行、維持されなければならない品質マネジメントシステムを示すものである。
- 3** 品質方針、目標は全従業員が理解し、定期的に見直す。
- 4** 不詳の事態が発生した場合は、即時に3現主義に則って解決する。
- 5** 適用される事項を遵守し、将来を見越したユーザーのニーズを目指して期待を超えるように努める。
- 6** ユーザーとの協力関係を築きあげることで、お互いの発展と会社への貢献を目指す。

## 企業理念

お客様に喜んで頂くことが  
企業の利益になり  
社会貢献になるのだと  
静かに心に誓い、  
技術を創造して社員の幸福と  
会社進展に寄与すること

代表取締役社長 下平 英二



## 主要取引先

自動車関連	レース関連	自動車部品関連	重工業
いすゞ自動車(株)	(株)トヨタカスタマイジング&ディベロップメント	日本ピストンリング(株)	三菱重工業(株)
日産自動車(株)	(株)M-TEC	(株)ニフコ	住友重機械工業(株)
(株)本田技術研究所	日産モータースポーツ&カスタマイズ(株)	(株)ミクニ	(株)小松製作所
日野自動車(株)	(株)戸田レーシング	(株)ヴァレオジャパン	(株)日立製作所
ダイハツ工業(株)	(株)ヨシムラジャパン	マレリ(株)	(株)プロテリアル
SUBARU(株)		(株)ミツバ	三菱マテリアル(株)
			(株)東芝

工業	医療	食品(サーフテクノロジー扱い)	大学
(株)リコー	オリンパス(株)	日清食品(株)	東京大学
JUKI(株)	(株)富士薬品	東洋水産(株)	慶應義塾大学
住電装プラテック(株)	アンリツインフィビス(株)	(株)ニッスイ	東京理科大学
ニデックプレジジョン(株)	参天製薬(株)	三島食品(株)	横浜国立大学
日本アビオニクス(株)	シェルハメディカル(株)	マルハニチロ(株)	青山学院大学
トピーファスナー工業(株)	(株)ベアーメディック	森永製菓(株)	工学院大学
青山特殊鋼(株)			

## 主要設備

### 加工装置

設備欄	数量
WPC処理装置	多数
3Dラッピング装置	4
プラズマCVD装置(DLC)	1
ピコ秒レーザー加工機	1
真空加熱装置	1
超音波洗浄機	2
汎用洗浄機	3

### 検査装置

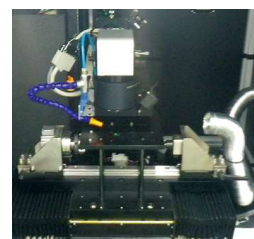
設備欄	数量
SEM-EDX	2
3Dレーザマイクロスコブ	2
デジタルマイクロスコブ	2
ボールオンディスク摩擦摩耗試験機	1
ロックウェル硬さ試験機	1
マイクロビッカース硬さ試験機	1
残留応力測定装置	2
粗さ測定器(表面粗さ計)	2
膜厚測定器(カロテスト)	1
形状測定器	1



DLCコーティング装置



SEM-EDX



ピコ秒レーザー加工機



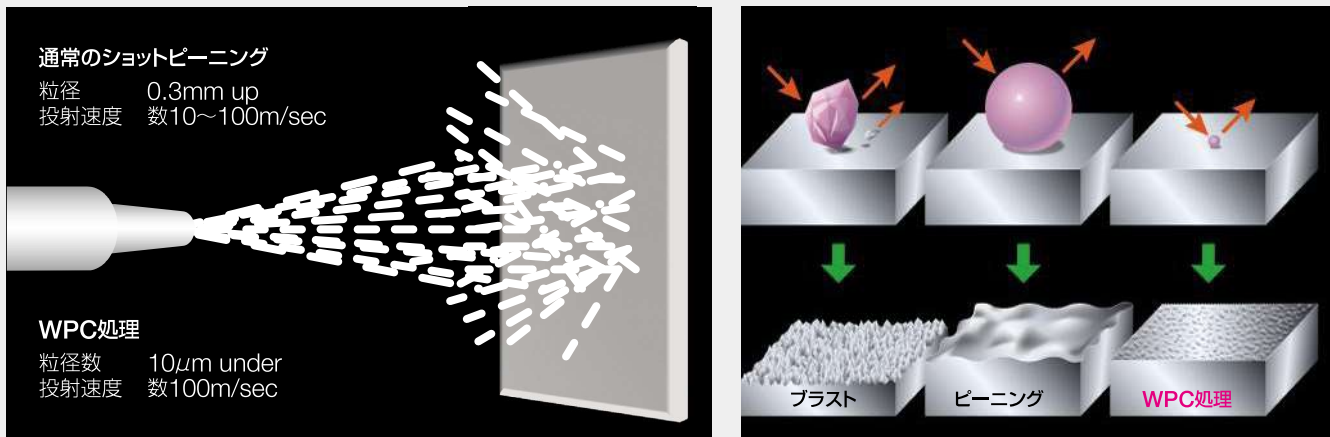
3Dレーザマイクロスコブ

# WPC処理®とは

Wide Peening and Cleaning (幅広く打ちつけて清掃する)または Wonder Process Craft (不思議な驚くべき工程の特殊技術)の略です。

WPC処理は、金属の表面に数十 $\mu\text{m}$ の微粒子(メディア)を高速衝突させて無数の微小なディンプルを形成すると同時に表面層のみを強化する冷間加工の一種です。加工面のディンプルはオイル溜まりを形成し摩擦摩耗特性を大幅に向上します。また、圧縮残留応力の付与や結晶粒の微細化により疲労強度の向上を実現します。このため、機械部品・切削工具・金型などあらゆる金属製品において強度と機能を向上させる表面改質技術として利用が進んでいます。弊社は、WPC処理のリーディングカンパニーとして、新たな微粒子による処理効果の検証や、コーティング、レーザ加工など他処理との複合処理の開発を進めております。

※「WPC処理®」は株式会社不二製作所、株式会社不二機販、株式会社不二WPCの登録商標です。



WPC処理は、ステンレス、ガラス、セラミック、インジウム鉛、錫、銀、二硫化モリブデン、二硫化タングステン、窒化ホウ素などの目的に応じた微粒子を基材に高速衝突させ金属の各種機能を向上させます。プラスト加工はメディアが鋭角で研磨機能があり、ピーニングではメディアが大きく下地の変形も非常に大きくなります。WPC処理は、微細なメディアで表面形状を変化させず、高機能な表面に改質することが可能です。

## WPC処理で付加される表面機能

機能	具体的な効果	適用分野
摺動性	低フリクションで滑る表面	軸受、シャフト、ピストン、レール、スライダ
離型性	型離れを向上	食品機械、樹脂、ゴム、ダイカスト各種金型
流体制御	流体の流れを制御	流路、シリンジ、流体軸受
耐久性	表面の強化	歯車、スプリング、ボルト、金型、医療機器
光学特性	光の反射を制御	導光板、光学フィルム、防眩パネル

## WPC処理が可能な金属材料

超硬、サーメット、SKD、SCM、ステンレス、アルミニウムなどの金属において寸法変化なく処理をすることが可能です。有効寸法については処理の内容による。

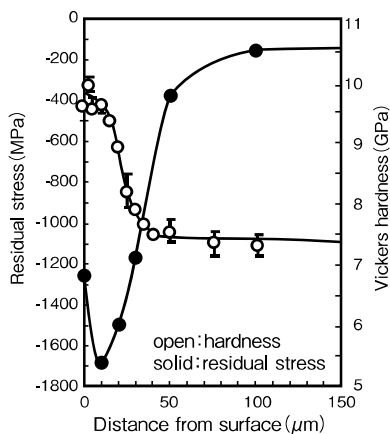


# 残留応力付与による疲労強度向上

WPC処理により、金属表面の内部圧縮残留応力を高めることで疲労強度が向上します。また、WPC処理により残留オーステナイトのマルテンサイト化や微細化が行われることで、高硬度でありながら韌性に優れた組織が得られます。

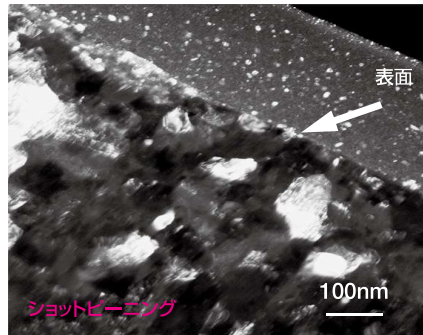
## SCr420浸炭焼入鋼表面の組織変化

### ■ 付加される硬さと圧縮残留応力

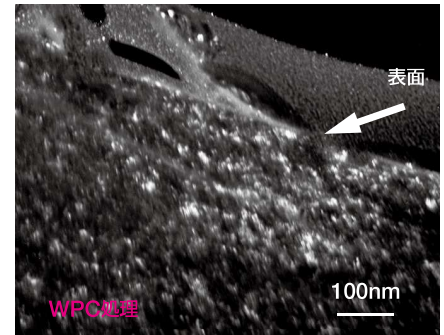


### ■ 表面近傍の透過型電子顕微鏡像

shot: Fe-1.0C-0.7Si-0.7Mn (HV6.8GPa, d = 800μm)  
peening time: 30sec  
Pressure: 0.65MPa

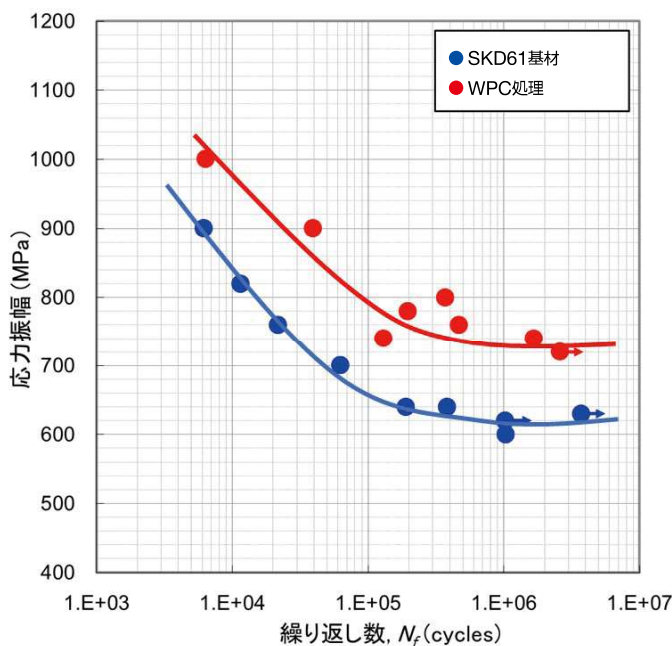


shot: SKH59 (HV9.8GPa, d = 45μm)  
peening time: 30sec  
Pressure: 0.5MPa



WPC処理による鉄鋼材料表面のナノ結晶化を例示したものが右上図です。左の通常のショットピーニングではナノ結晶組織が形成されていませんが、右のWPC処理はナノ結晶組織が形成されていることが分かります。これはWPC処理による表面の塑性変形が寄与しています。

## SKD61およびWPC処理を施したSKD61の疲労試験結果



WPC処理による疲労強度向上の典型例を左図に示します。試料は熱間加工用合金工具鋼(SKD61)でWPC処理により疲労限度が620MPaから740MPaへと大幅に向上しているのが確認できます。また結晶粒の微細化は、粒界酸化を要因とする(熱疲労の)ヒートクラックに対しても有効な対策となります。

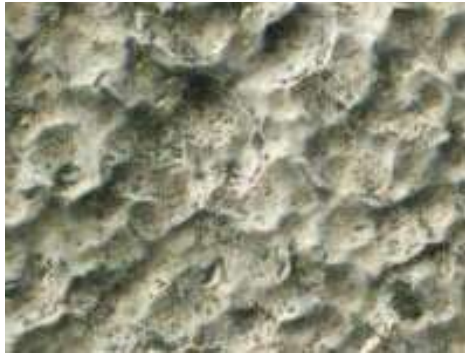
# テクスチャリングによる耐摩耗性・耐焼付き性向上

WPC処理で金属表面にマイクロディンプルを無数に形成することにより摺動面にオイル溜まりを形成し、耐摩耗性・耐焼付き性を向上します。

## 金属表面の顕微鏡写真



未処理



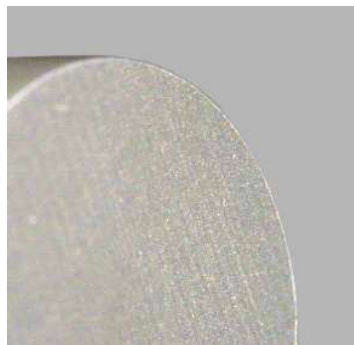
WPC処理

未処理品は縦に加工痕が通っており、オイル潤滑をすると、油膜が加工痕に沿って逃げてしまいます。WPC処理品は、無数のマイクロディンプルが形成され、これがオイル溜まりとなり潤滑性を確保することができ、耐摩耗性・耐焼付き性を向上します。

## パンチ先端の写真



未処理



WPC処理

未処理品は研磨加工時にできるバリが存在しますが、WPC処理後の先端はエッジのダレもなく有害なバリが取り除けています。また、表面に無数のディンプルが付与されることにより、油保持性能が向上し凝着を低減します。

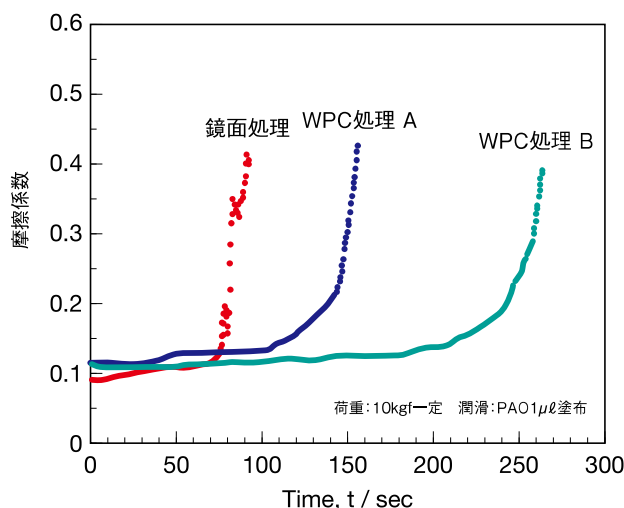


未処理



WPC処理

## WPC処理と鏡面処理による試験の比較



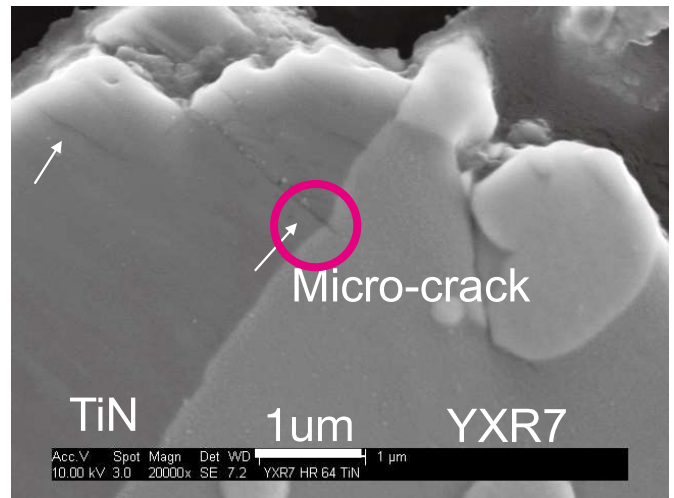
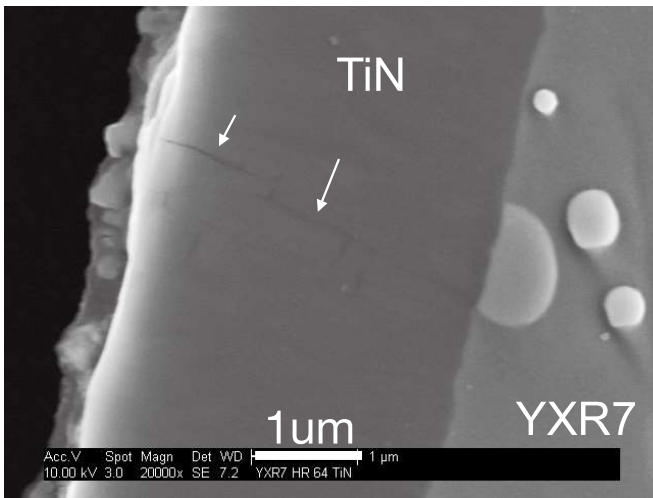
WPC処理2種により形成された表面と鏡面処理で形成された表面の油潤滑下での試験では、マイクロディンプルによる油保持性が耐焼付き性の向上に対して有効なことが分かります。

# WPC処理<sup>®</sup> + コーティング複合処理

金型・工具などの加工用治具や産業機器の摺動部品には硬質薄膜(コーティング)が適用されています。コーティングにより部品の耐摩耗性は向上するものの、疲労破壊が原因で治具や部品の損傷に至る例が多く見られます。WPC処理とコーティングの複合処理は、コーティングでは相互の問題を補完し、治具や部品の長寿命に有効性を発揮します。

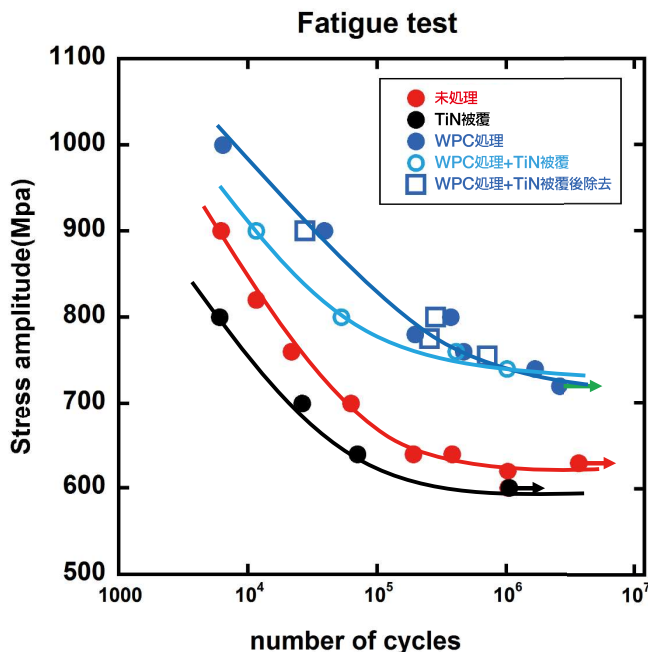
## WPC処理+TiNコーティング

### TiN膜形成による疲労強度低下



金型や部品の耐摩耗性向上技術としてセラミックコーティングが用いられます。しかし、セラミックコーティングの多くは柱状組織となっており、亀裂発生が起きやすく、疲労強度を低下させます。例として窒化チタン(TiN)コーティングを施した高速度鋼(YXR7)の破壊の解析例(断面観察)を示します。TiN膜に発生したマイクロクラックが基材にまで達しており、セラミック薄膜が疲労強度を低下させる要因になっていることが確認されています。

### WPC処理によるTiN薄膜形成による疲労強度低下の抑制



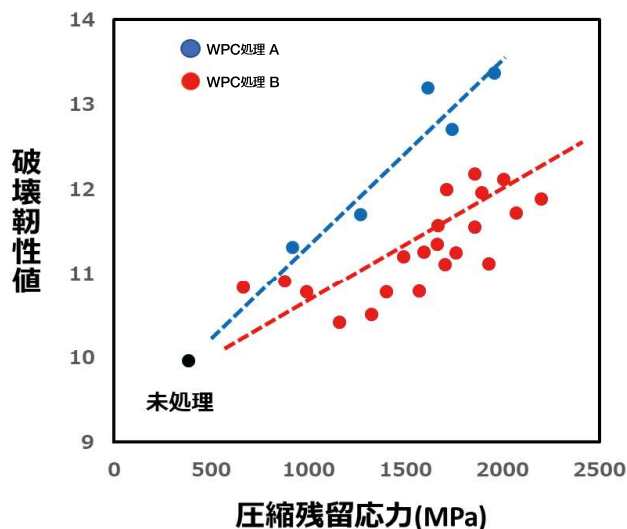
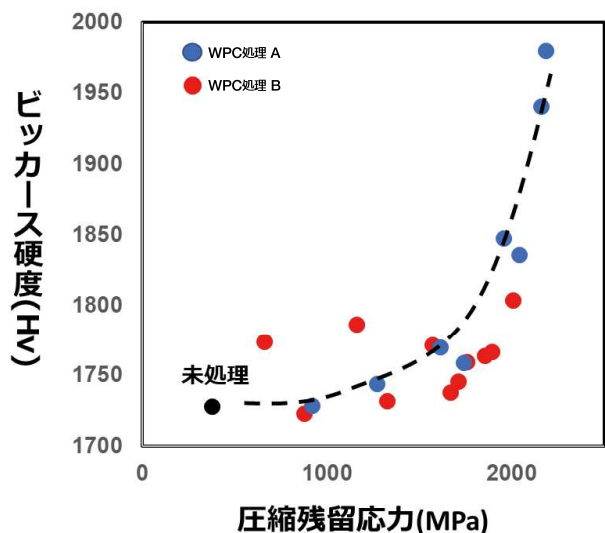
左図は合金工具鋼(SKD61)を用いて●未処理試料、●未処理材にTiN被覆試料、●WPC処理試料、○WPC処理材にTiN被覆試料、□WPC処理材にTiN被覆後、化学的にTiN膜を除去した試料に疲労試験を実施した結果です。結果として、①TiNコーティングにより疲労強度が低下していること②WPC処理により疲労強度が向上していること③WPC処理材にTiNコーティングをした試料は未処理試料と比較して疲労強度が向上していることが分かります。

# 超合金へのWPC処理®

超合金は高弾性率(鉄鋼の約3倍)、高硬度(HRAで90前後)という物性を有しており、金型や切削工具に適した材料です。一方、硬いと同時に脆く割れやすい特性も有しており、チッピング(小さな欠け)が生じやすいため、金型に用いた場合、寿命が比較的短いことが欠点でした。

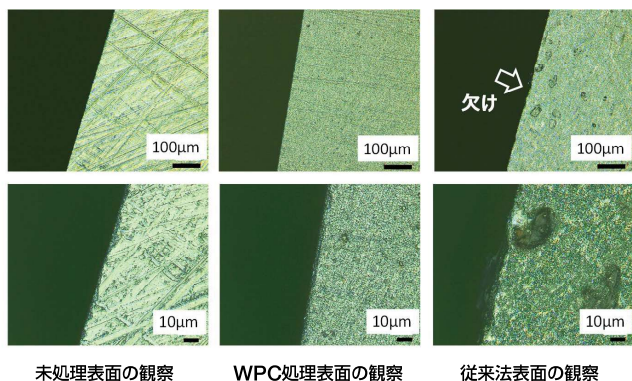
弊社では、超合金に最適な粒度と速度でWPC処理を行うことで靱性の向上を実現しました。

## ■ 残留応力とビッカース硬度・破壊靱性の関係



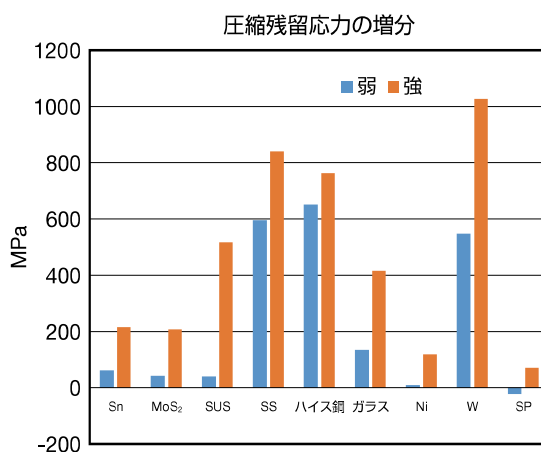
金型用高靱性超硬および工具用高硬度超硬(K10相当)に2種のWPC処理および比較としてハイス鋼を用いて残留応力とビッカース硬度・破壊靱性の関係を示したのが上図です。図を見て分かるように、この実験により残留応力と破壊靱性ならびに硬度には良好な相関が得られており、WPC処理により相反する特性である高靱化と高硬度化が実現していることが確認できます。

## ■ インサート工具の刃先損傷の観察



上図はインサート工具の刃先損傷を観察したSEM像です。刃先形状は未処理試料と大きな違いはありませんが、従来法では刃先のチッピングが観察され、刃先損傷が起きていることがわかります。一方、超合金用に開発されたWPC処理を施した基材には損傷が見られないことが確認できます。

## ■ 様々な投射材による圧縮残留応力の付与



超合金の圧縮残留応力は、投射するメディア(投射材)や条件(投射圧、投射時間など)により異なります。切削工具の刃先などの損傷は投射するメディアの硬度などに依存するため、被加工品の形状に合わせたメディアや条件設定が重要となります。

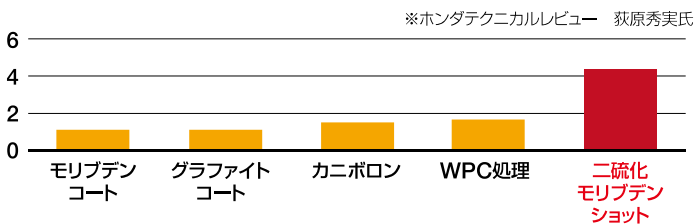


# 二硫化モリブデンショットによる摺動性の向上

WPC処理の技術を用いて、フリクション低減効果の高い固体潤滑剤の二硫化モリブデン(MoS<sub>2</sub>)を高速で打ち込みます。表面に塗るコーティングと違ってバインダ(結合材)が不要なため、二硫化モリブデンの特性が大きく表れ、金属の摺動抵抗を大幅に低減することができます。

## ピストンスカート部のフリクション削減割合

自動車メーカーの実験で、ピストンスカートに各種の表面処理を施し、エンジン単体をモーターリングしてフリクションを比較しました(1L・3気筒エンジン、部分負荷)。モリブデンコーティングはフリクション低下率が1.4%であるのに対して、通常のWPC処理で2%、二硫化モリブデンショットは5%の低下率を示す結果が得られました。



## 3Dラッピング

適正な表面テクスチャを形成するために、WPC処理で形成したマイクロディンプルの凸部を除去する研磨加工の一つです。3Dラッピングにより、静摩擦係数を下げ、繰り返し摩耗の初期なじみを省くことが可能になります。



未処理

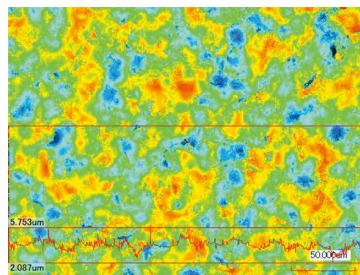


3Dラッピング処理

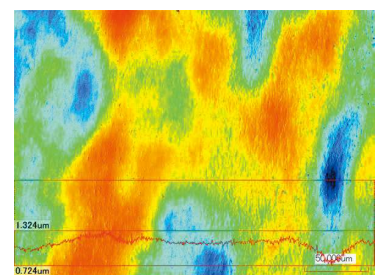
表面粗さ 未処理: Ra 0.8 3Dラッピング: Ra 0.08

## 表面の顕微鏡画像

鏡面仕上げ加工である3Dラッピングの表面は、エッジのないディンプルを形成することができます。WPC処理で表面を強化し、最表面の凸部を3Dラッピングすることで、耐摩耗性に優れた表面を実現します。右の顕微鏡像を見ると、非常に滑らかな表面を形成していることが確認できます。超硬や工具鋼、セラミックスなど硬質材の研磨加工、凹凸のある加工面の平滑化と鏡面化、微細突起の除去と鏡面研磨の同時加工、DLCコーティングの下地処理としても適用しています。



WPC処理面



WPC処理後3Dラッピング

# DLCコーティング

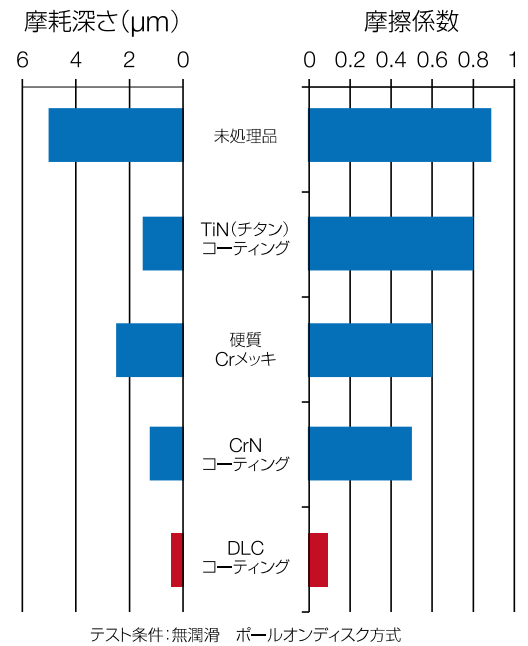
DLCコーティングはDiamond-Like Carbonの略で、気相合成で作製されるアモルファス状の炭素系薄膜です。DLC膜は高硬度かつ高潤滑性を最大の特長としていることから、自動車部品や金型・切削工具を中心に適用が進んでいます。

最近では、高耐摩耗性、低摩擦係数、高絶縁性、高化学安定性、高ガスバリア性、高耐焼付き性、高生体親和性、高赤外線透過性などの特長から、電気・電子機器（ハードディスク、集積回路など）や、光学部品（レンズなど）、PETボトル、装飾品、医療機器（ステントなど）への応用など適応範囲はますます拡大しています。

弊社ではDLCコーティングとWPC処理の複合処理により、従来DLCの課題だった密着性を大幅に向上しました。また、複合処理では表面テクスチャの保護による耐久性向上やさらなる摺動性の向上を図ることが可能です。

また、弊社のDLCコーティングはFDA認証を取得しています。

## DLCコーティングの効果



## DLCコーティングの種類と成膜法

DLC膜の分類を行うと3種類（あるいは4種類）に分類されます。①高硬度、水素フリーのDLC膜はta-C(Tetrahedral Amorphous Carbon)と呼ばれ、100%近いイオン照射量が可能な真空アーク蒸着法などで作製されます②低硬度、水素フリーのDLC膜はa-C(Amorphous Carbon)と呼ばれ、イオン照射量の少ないスパッタリング法などで作製されます③水素を含有しているDLC膜はa-C:H(Hydrogenated Amorphous Carbon)と呼ばれ(a-C:Hの中で、比較的高硬度のものをta-C:Hと表記する場合もあり、これを含めると4種類となります)、プラズマCVD法により作製されます。上記分類に基づいた各特性が下の表になります。

### DLC膜の種類と物性

	水素フリーDLC		水素含有DLC	
	ta-C	a-C	a-C:H	(ta-C:H)
	高硬度水素フリー	低硬度水素フリー	水素含有	(比較的高硬度)
硬度(GPa)	60~270	15~20	20~30	
密度	<2.8	1.8~2.4	1.8~2.4	
水素量(%)	<1~22	<1~2	15~30	
耐熱性(°C)	500~600	300~2400	300~400	
成膜法	真空アーク蒸着	スパッタリング	プラズマCVD	



DLCコーティングのサンプル

## 弊社で成膜可能なDLCコーティング

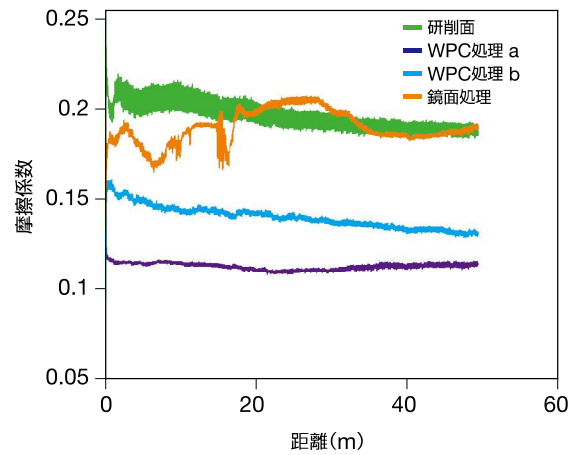
商品名	膜厚(μm)	硬度(HV)	摩擦係数	耐熱温度(°C)	成膜温度(°C)	寸法変化	適用分野
DLC	1	3000	0.1~0.13	300~350	100~200	膜厚に依存	無潤滑の摺動部品、ガイドスライダなど
耐熱DLC	1	2000	0.1~0.13	450~500	100~200	膜厚に依存	シャフト、ピン、耐熱性が必要な部品など
スーパーDLC®	~0.7	7000	0.1~0.13	550	100~200	膜厚に依存	超硬ドリル、超硬エンドミルなど(超硬限定)
厚膜DLC	3~4	3000	0.1~0.13	300~350	250以下	膜厚に依存	ギヤ、金型、高面圧が必要な金属など

弊社では、用途に適した様々なDLCコーティングを提案させていただいております。

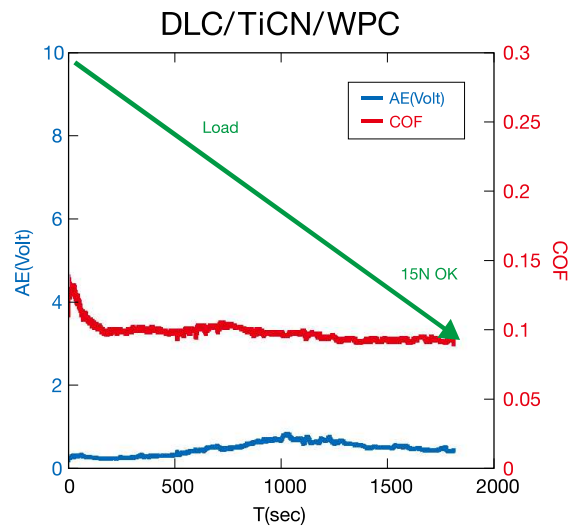
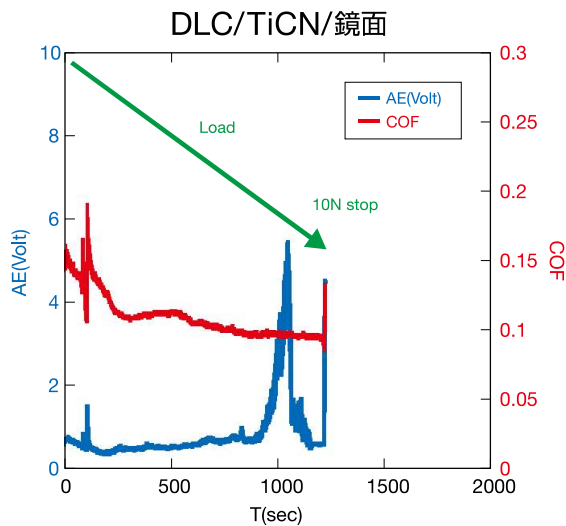
WPC処理や3Dラッピングなど、他の表面改質処理との複合処理も可能ですので、お気軽にお問い合わせください。

## 下地処理によるDLC膜の摩擦係数

右図は、下地として研削面(未処理)、鏡面処理、WPC処理2種を施した基材にDLCコーティングを施し、ボール・オン・ディスクによる摩擦試験を行った結果です。本試験では、未処理・鏡面処理と比較してWPC処理により表面形状(凹凸)を形成した試料が低摩擦を示し、かつ安定した摩擦係数の挙動を示したことが確認できます。



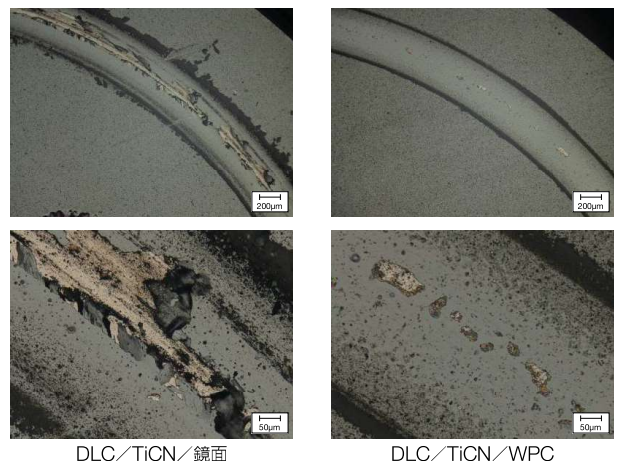
## 連続荷重式密着力試験による評価結果



鏡面処理およびWPC処理の下地に中間層としてTiCN膜を形成しDLCコーティングを行った試料に連続荷重式密着力試験を行った結果です。鏡面処理にTiCNとDLCを行った試料では、10Nの荷重ではく離が発生していますが、WPC処理にTiCNとDLCを行った試料では15Nまで摩擦係数の上昇と破壊に伴うAE信号は観察されていません。

## 連続荷重式密着力試験後の摺動面の観察結果

前述の連続荷重式密着力試験後の摺動痕を観察した結果です。WPC処理を施した試料では微小なはく離が観察されていますが、鏡面試料では全面にわたってはく離が進行していることが確認できます。これにより、DLCコーティングの下地としてWPC処理を行うことで密着性を高めることが可能なことが分かります。

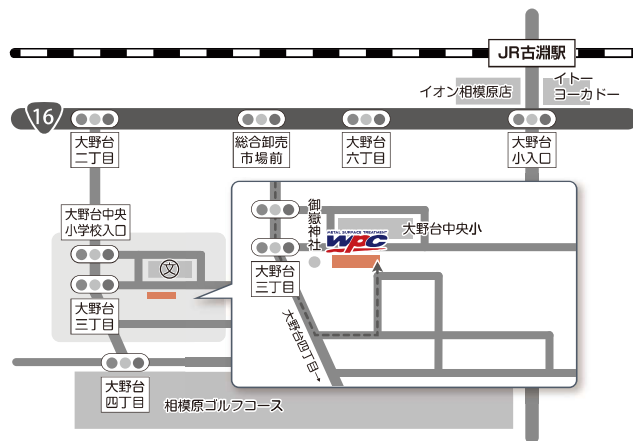


## 会社概要

商号 株式会社不二WPC  
代表者名 代表取締役社長 下平 英二  
設立 平成9年4月15日  
資本金 1,000万円  
従業員数 14名  
所在地 〒252-0331  
神奈川県相模原市南区大野台4丁目1番83号  
TEL:042-707-0776  
FAX:042-707-0779  
関連会社 株式会社サーフテクノロジー  
株式会社フリクション  
WPC Treatment Co., Inc.(米国)  
事業内容 表面処理の受託加工  
●WPC処理®  
●DLCコーティング  
●レーザ加工  
●3Dラッピング®(鏡面加工)

## 沿革

1997(平成 9)年 4月 15日、WPC処理の普及および用途開発を目的に設立  
2005(平成 17)年 2月 L.AIに子会社(WPC Treatment Co.,Inc)を設立  
2007(平成 19)年 3月 ISO9001:2000取得  
2007(平成 19)年 4月 経済産業省「戦略的基盤技術高度化支援事業」に採択  
2008(平成 20)年 2月 経営革新計画の認定  
2008(平成 20)年 6月 神奈川県助成金事業(DLCコーティング)採択  
2008(平成 20)年 11月 日本機械学会技術賞を受賞  
2009(平成 21)年 3月 NEDO「実用化研究開発事業」に採択(3年間)  
2009(平成 21)年 6月 経済産業省「元気なモノ作り300社」に採択  
2009(平成 21)年 11月 業務拡大に伴い、本社をSia神奈川工業団地に新設・移転  
2011(平成 23)年 9月 神奈川県工業技術開発大賞を受賞  
2012(平成 24)年 1月 九都県市きらりと光る産業技術として表彰  
2012(平成 24)年 2月 かながわスタンダードに認定  
2013(平成 25)年 5月 日本トライボロジー学会技術賞を受賞  
2013(平成 25)年 9月 第5回ものづくり日本大賞優秀賞を受賞  
2013~2015(平成25年~27年) 中小企業庁「もの補助事業」に3年連続で採択  
2015(平成 27)年 5月 創造的新技術研究開発計画に認定  
2016(平成 28)年 11月 NHK「超絶凄ワザ!」摩擦ゼロに挑め!!に出演  
2017(平成 29)年 2月 第9回岩木賞にて優秀賞受賞  
2017(平成 29)年 12月 2017年度 神奈川がんばる企業エース認定  
2017(平成 29)年 12月 多摩ブルー・グリーン賞最優秀賞受賞  
2018(平成 30)年 4月 信金中央金庫理事長賞受賞  
2019(平成 31)年 9月 かながわ「産業Navi大賞」優秀賞受賞  
2020(令和 2)年 9月 DLCコーティング FDA認証を取得  
2022(令和 4)年 3月 連携事業継続力計画(BCP)の認定



## 株式会社不二WPC

●詳細情報はホームページをご覧ください  
<https://www.fujiwpc.co.jp>



〒252-0331 神奈川県相模原市南区大野台4-1-83  
TEL:042-707-0776 FAX:042-707-0779