

世界最新技術

世界最新技術



TOSERA

TOKYO CERAMIC LIMITED.

インプレート-IPX

MTF

[Magnetic Transformation Field Process]

東セラの誘導 電磁場エネルギー処理

MTF-インプレート IPX 処理

主要な用途

- **切削工具の寿命向上** [ドリル、エンドミル、スローアウェイチップ、ホブ、ピニオン、ブローチ、リーマー、各種カッター、その他あらゆる工具]
- **各種金型の寿命延長** [プレス金型、プレス加工パンチ、冷間鍛造金型、温間熱間鍛造金型、ダイカスト金型、ダイカスト鋳抜きピン、ファインブランキング金型、転造ダイス。]
- **各種精密部品**



TOKYO CERAMIC LIMITED.,

MTF. IPX

MTF [Magnetic Transformation Field Process]

概要と特徴

東京セラミック社技術部は、塑性加工の分野において常に新しい発想の提案をして貢献してきました。弊社は加工技術の表面処理シンクタンクとして、切削工具などを対象に多彩な応用技術の確立に全力を尽くしています。2002年東セラグループは、世界で初めての超誘導磁場エネルギー処理法による各種金属組織改質技術の開発に成功、本格的な受託加工を開始いたしました。

- ◇ IPX処理は(超誘導電磁場エネルギー法)各種金型、切削工具の寿命延長を目的として実地される処理方法で、一般的に行われている表面処理とは異なり、特殊な電磁場エネルギーを利用して、金属組織を変化させ硬度を高め靱性を補って金属そのものの強化を計る方法です。
- ◇ この処理法は、磁場エネルギーを直接金属組織に作用させるため、エネルギー効率が高く加工費用においても安価に運用できるためコスト削減に大いに役立ちます。
- ◇ IPX処理の特徴として残留応力の除去、残留オーステナイトの分解などがおこなわれ、機械的要素の性質が向上することにあります。これらの特徴を引き出すための処理条件としては、処理対象物の材質および主要な用途を勘案エネルギーの強弱、処理時間などをコントロールします。
- ◇ 潤滑性が向上します。⇒高出力エネルギーが刃具表面を瞬時に走行するとき被加工物にある不純物を取り除き、さらに磁気スピンの発生し、表面がなだらかな状態となり潤滑性が付加し摩擦係数が減少する(ナノミクロン)。
- ◇ 磁性を取除き構成刃先を防御する。⇒IPX処理により電気抵抗が大幅に減少することが読みとれる。これは切削工具と被加工物が強く接触して起こるトラブル解消する。
- ◇ 表面硬度を増強し耐摩耗性を向上する。⇒IPX処理によって表面硬度をアップする。各種材料の表面層を硬化することにより切削工具の耐久改善に効果。
- ◇ 金属組織が緻密化しクラックらに高い効果⇒高出力エネルギーを金属組織に与えることにより組織が強く連結し引っ張り強度が向上する。

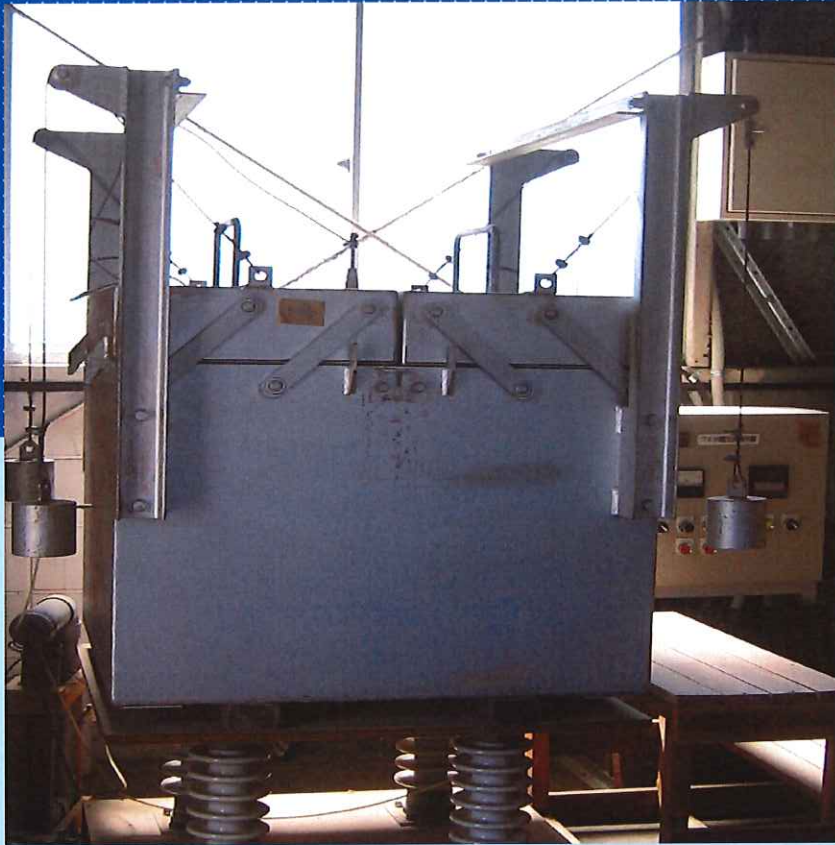
- ◇ 処理温度が非常に低いため(80℃~120℃)あらゆる刃具に適用できます。⇒超硬ロウ付け工具にも安心して処理できます。
- ◇ IPX処理は内部注入組織改質法のため再研磨しても効果は持続します⇒IPX処理の最大の特徴は従来のCVD、PVD、PCVD、IVD等らの薄膜コーティングと違うのはドリル、タップを再研磨しても寿命延長は維持できるという画期的な処理でコスト削減は短期間にて達成可能。
- ◇ 非鉄金属加工に効果⇒IPX処理によって刃具の磁性が減少するため耐溶着に効果が見られステンレス、アルミニウム、真鍮、銅等らの切削加工に構成刃先が減少して長時間維持できる。

TOKYO CERAMIC CORPORATION

- ◇ 超誘導電磁場エネルギー処理による方向性⇒処理炉中に設置された電磁場付加コントロール金属板上に工具を配置し、交流電源より装置全体に所定の電圧を付加しながら定温温度にて一定時間保持する。これによりエネルギーが注入され金属組織が改質される。これにより切削寿命の延長、耐摩耗性の向上、良好な仕上げ面粗さなどの効果が得られる。特に寿命に関しては平均で2倍~3倍程度、最長では20倍の効果も得られています。
- ◇ 高性能の材料ほど高い効果⇒工具用金属材料は、一般に結晶粒が細かいほど強い。インプレートIPX処理によって結晶粒を微細にすれば結晶粒界は、転位の運動《原子配列の乱れによる滑り》を妨害する最も大きな障害物の一つであるから、結晶粒が細かくなって粒界の量が多くなるほど転位は運動しにくくなり強度が高くなる。

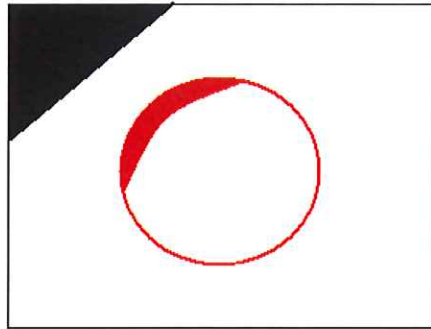
誘導電磁場エネルギー処理炉

INPLATE-IPX10

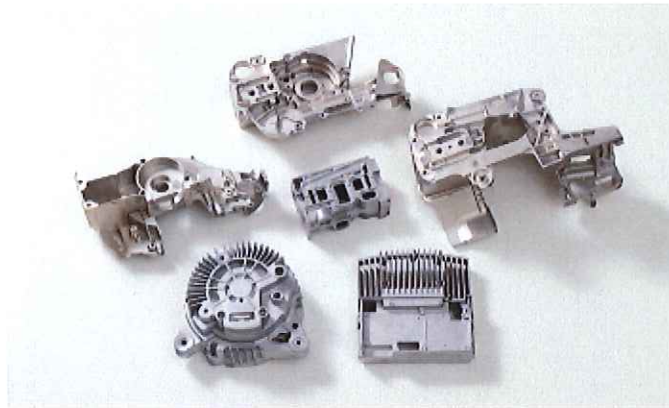


Magnetic Transformation Field Process

TOKYO CERAMIC LIMITED.



TOSERA



Productivity is remarkably improved

生産性効率の革新的向上とコスト100%削減

TOSERA IOT system

東セラはIoTとAIを応用 物作りの先頭に立つ

Internet of Things

新4種

Link & Start

TOSERA IOT system
Internet of Things

東セラの新表面改質法

IMPLATE-IPX®

インプレート アイヒーエックス

New Surface Treatments Software-Incubation

ダイカスト型
Die-casting Die

冷間鍛造型
Gold forging Die

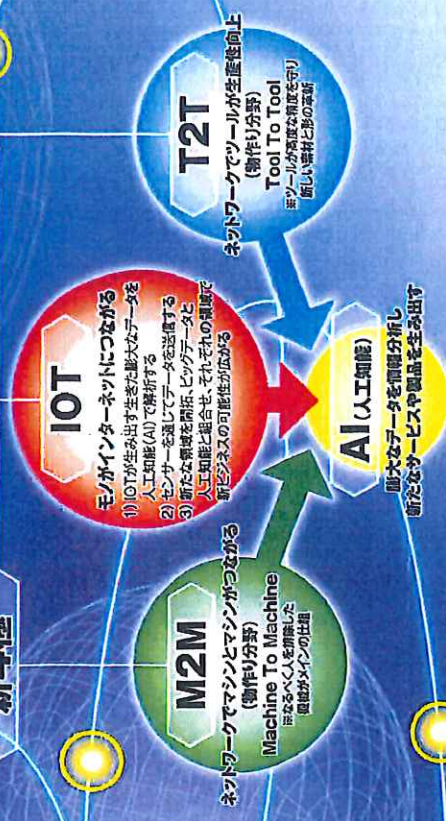
金属切削加工
Cutting Tools

プラスチック用
金型
Plastics mold

引き抜き加工型
Drawing Die

プレス加工型
Press Punching Die
Press Metal Die

熱間鍛造型
Hot forging Die



IOT
モノがインターネットにつながる
1) IoTが生み出す膨大なデータを
人工知能(AI)で解析する
2) センサーを選びデータを送信する
3) 新たな領域を開拓、ビッグデータと
人工知能と融合せ、それぞれの領域で
新ビジネスの可能性が広がる

M2M
Machine To Machine
モノとモノが通信し
価値がメインの価値
ネットワークでマシンとマシンがつながる
(物作り分野)

AI(人工知能)
膨大なデータを価値分析し
新たなサービスや製品を生み出す

T2T
Tool To Tool
ネットワークでツールが生産性向上
(物作り分野)
※ツールが高品質な精度を守り
新しい素材と形の革新

東京セラミックLimited

tosera.arrow.jp

Automation increases productivity

本社: 〒490-1107 愛知県あま市森1丁目11番地2 TEL.052-449-6150(代) FAX.052-449-6158

Super-Nano Coat

最先端PVD(Physical Vapor Deposition)駆使,(Magnetic,IPX)複合処理で潤滑性向上摩擦係数低下

あらゆるチップが革新的寿命向上

IPX-IP

膜厚も自在に変更、前処理も関係なく処理できます。東セラはコーティングのシンクタンク
サーメット、超硬、ハイス、CBNあらゆる材料に適用できる画期的な処理。

Magnetic Transformation Field Process
New Surface Treatments Engineers

IPX-IP

IN PLATE/IPX-W処理は磁場振動処理に属する処理方法で、特殊な波形を持った交流磁場発生器と電気炉を使用して実施します。この処理方法は、磁場エネルギーを直接金属組織に作用させるものでエネルギー効率が高く効率的に処理できる画期的な内容となっています。

新品チップの処理法 “A”ライン



あらゆる市販品
インサートチップに適用できます



6 洗浄工程 “B”ライン



PVD①	V1, V1S, その他
PVD②	V9, V2, その他
CVD③	TiN, TiAlN, その他
その他、表面処理	

最新鋭のテクノロジーソフト確立テストは無償にて実施いたします

革新的寿命向上 INPLATE-IPX-IP コスト削減、生産性向上

“A”ライン 123458 “B”ライン 1235678

TOKYO CERAMIC LIMITED.,

東京セラミック Limited., tosera.arrow.jp

本社: 〒490-1107 愛知県あま市森1丁目11番地2
TEL.052-449-6150(代) FAX.052-449-6158

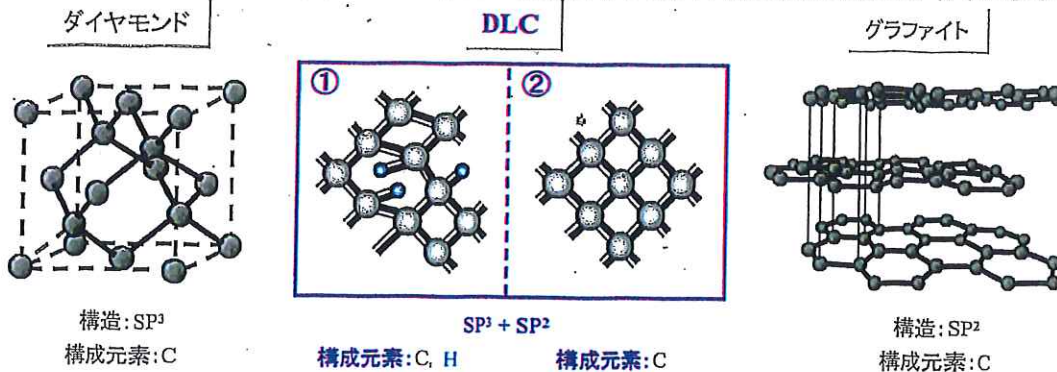


成膜技術

カーボン(炭素:C)は原子同士が互いに結合して結晶をつくり、その結晶構造によってダイヤモンド、グラファイト(黒鉛)などの同素体が存在します。

たとえば、ダイヤモンドは sp^3 混成軌道の三次元結晶で、グラファイトは sp^2 混成軌道に二次元結晶です。この他に非結晶質が知られており、アモルファスカーボンあるいはダイヤモンドに類似した特性をもつカーボンであることから、通称**ダイヤモンド・ライク・カーボン(DLC: Diamond Like Carbon)**と呼ばれています。

このDLCはグラファイトとダイヤモンドの中間の物性を有しており、何種類ものDLCが存在します。



磁場エネルギー処理で鋼の組織が SP^2 から SP^3 に波形が変動

大学の研究室でミラクル実研

グラファイト構造からダイヤモンド構造に進化

東京セラミック社は、技術開発グループ3社で誘導電磁場エネルギー処理インプレートIPX処理の開発に成功。超硬工具など切削工具、プレス金型(パンチ・ダイ)、ダイカスト金型、その他塑性加工金型などを長寿命化し、大幅なコスト削減また生産性の向上がはかれる。

磁場エネルギーの働きで超硬工具からコバルトがにじみ出すのを防ぎ、工具、金型の摩耗を抑制する。さらに磁場エネルギーが鋼の組織を緻密化して耐摩耗性を増強する、また組織表面も潤滑性を付加し摩擦係数を低下させ寿命延長に役立っている。工具寿命を2倍から3倍延ばしたほか、加工面の粗さについても10%~40%改善できる成果を確認した。

超硬工具は炭化タングステンなどコバルトを混合、焼結した素材を使っている一般にコバルトは切削時の高温高圧で軟化、工具からの流出、摩耗を招く。工具刃先にインプレートIPX処理することにより「ステンレス加工」毎分140メートルの切削速度で、通常に比べ、工具逃げ面の溶着物質が減少、工具のびびり振動が消え、切削特性が向上した。

東京セラミック社はインプレートIPX処理とCVD、PCVD、PVD等のコーティング処理と連動することにより大幅な寿命向上が得られる。

電場処理が活性炭および炭化チタンの緒物性に与える影響

小林研究室 羽切教雄

目的

切削工具

電場処理

高電流・高電圧付加
220°C 3時間保持

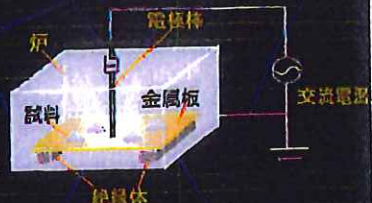


図1 電場処理装置概図

工具寿命の延長(平均2倍)
耐摩耗性の向上
工具硬度の上昇

¹³C MAS NMR

表1 測定条件

測定条件	活性炭	炭化チタン
Larmor周波数/MHz	150.90	150.90
Spinning Rate/Hz	5	5
掃引周波数/kHz	5	5
スキッピング	10240	20480
試料位置	アガマンタン	クリリン



測定試料: 活性炭、炭化チタン

測定装置
BURUKER AVANCE 600

電気抵抗測定

測定試料
・活性炭
・炭化チタン

測定条件
・圧力: 200kg/cm²
・端子間距離: 4mm

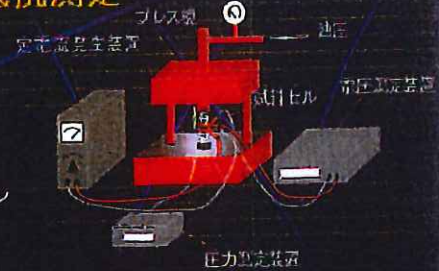


図2 電気抵抗測定装置概図

活性炭の¹³C NMR スペクトル

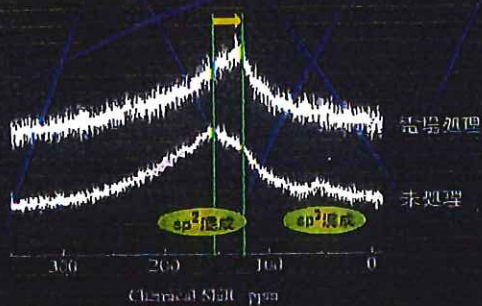


図3 活性炭の¹³C NMR スペクトル

正規分布曲線による解析

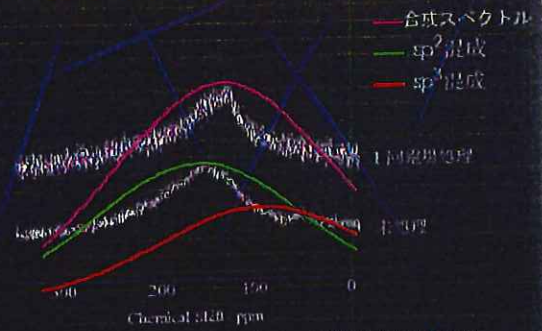


図4 活性炭のNMRスペクトルの正規分布による解析

IN/PLATE IPX

熱・電・磁場附加による工具機能の進化に関する研究

電磁場 インプレート IPX

環境保護の観点から、有害な切削油剤を使用しないドライ切削技術に関する研究が盛んに行なわれている。それらの研究では主にコーティング工具が使用されている。コーティング工具は通常、超合金系の母材にCVD/PVD法により酸化物、窒化物を多層にコーティングして製造される。これにより高い耐摩耗性と長い工具寿命を実現している。しかし、母材とコート層との結合力が弱いと欠けや剥離などといった問題が生じる。そのため、コート層安定性を高めるために複雑な前処理が必要となり、コストの高騰を招くため、コーティング工具開発の深刻な問題となっている。それ故、生産現場などでは価格の高いコーティング工具に代わりうる新しい工具の需要が高まっている。

一方、電・磁場の効果により金属材料特性の改質が起こることが実験的に発見された。本研究ではその現象を工具に応用し、低コストで高効率な処理法の確率を目的とする。処理工具を生産現場にて試験使用したところ、性能が顕著に変化していることの報告があった。電・磁場処理された工具は未処理工具にくらべ寿命が平均で2倍、最大で9倍にも延びた例も報告されている。しかし、処理の本質的なメカニズムは不明な点も多い。

本稿では研究の第一段階として、電・磁場処理のための低コストで効率的な処理装置の構築を行い、処理に対し系統的な調査を行なう。工具性能の評価を目的に処理、未処理工具に対して切削実験を行い、工具逃げ面摩耗、工作物表面粗さについて比較を行なった。工具の材料特性変化を磁束密度分布、工具硬度、残留応力測定にて定量評価した。

その結果、工具の材料特性に硬度、残留応力の変化が確認され、工具摩耗、仕上面粗さ共に改善が見られた。最終的な結果から熱・電・磁場処理の有効性を確認した。

1章 緒言

切削加工のドライ化、高速化、高能率化に高い注目が集まり、より高性能な切削工具に対する需要がますます高まっている。また、被削物の多様化、生産コストの削減などもそれらの要求に拍車をかけている。

環境汚染の原因となる加工液、切削油剤の使用を減らしたセミドライ、または完全に使用しないドライ加工が注目され、様々なアプローチで研究が進んでいる。通常の切削加工で使用されているクーラントには塩素、硫黄、リン等を含む各種添加剤を使用するのが一般的であるが、これら有害な成分は廃棄の方法が問題になる。特に塩素は焼却時にダイオキシンを発生させる可能性が高いことが指摘されており、各油剤メーカーでは塩素の使用を控える試みがなされている。ドライ加工は油剤を使用せずに切削を行なうもので、有害な廃棄物の発生を低減させるばかりでなく、生産コストの十数パーセントにも及ぶと言われるクーラント費用の削減も可能となる。しかし、今まで油剤が担ってきた冷却、潤滑といった重要な役割を工具に押し付ける結果となり、ドライ切削実用化のカギは工具の性能向上に頼る部分が多い。

また、現在各方面に於いて盛んに研究が行なわれている超高速加工では高能率化や表面ダメージの軽減などの利点が強調され、それを実現するための加工機械の開発に重点が置かれている。しかし、加工速度が速ければ当然工具が受けるダメージも増加するが、高速加工での工具の開発、選定や条件設定の重要性が議論されることは少ない。

難削材料の加工は技術の進歩と共にその重要性を増してきている。工業製品の品質や性能を高めようとするとう優れた材料特性を持つ素材が使用されるようになる。また、これまでに存在しなかった材料なども次々と開発され工業製品として幅広く使用されるようになる。当然それらも切削加工の対象になるが、多くの場合材料特性の向上は加工難度の上昇と直結している。

これら三つの加工は世界的に見ても共通の機械加工の技術課題であるが、それらを組み合わせた加工、例えば難削材の高速ドライ加工などは最も困難であり、高い技術力を求められる。また、これらの加工に共通するのは、それぞれに適した工作機械の開発、加工条件の最適化や適切な工具の選定の必要性であるが、中でも工具に関する項目は重要性が高い。工具の材種、特性、形状を、年々厳しさを増す使用環境にどの様に適応させて行くかが今後の研究の課題で

ある。

工具性能の中でも最も重要なのは耐摩耗性である。コスト削減の観点からすると今までに挙げたような手法が実用化され一般化しつつある現状では工具以外にコスト削減の余地が残されておらず、更なるコストの削減は工具の寿命延長によってのみ達成される。

理想的な工具は、切れ味がよく、単価が安い、工作物を選ばず、長持ちするなどの特徴を持つ必要がある。しかし、どんなによく切れる工具でもそれが持続しなければ意味が無い。工具単価についても同様で、如何に値段が安くとも寿命が短くては費用が嵩み、また作業効率を悪くする。従って、現在行なわれている切削工具の性能改善のための処理は寿命の延長を主眼に置いていると言っても決して過言ではない。

これらの需要に対して多方面にて盛んに研究が進んでいるが、その中で最も注目されているのは工具のコーティング技術である。工具の表面に硬質の皮膜を形成し表面特性の改善を図るとともに、工具母材の材料特性の最適化を図る。工具は硬度と靱性という相反する要素を兼ね備えることが要求されるが、コーテッド工具は硬度の高い表面で切削性、耐摩耗性を引き上げ、靱性の高い母材により欠けやチッピングを抑制している。また、母材とコート層との組み合わせにより種々の工作物特性に合わせた柔軟な工具作りが可能である。更にコート素材の多様化やコーティング技術の進歩により高い効果が得られ、コーテッド工具の生産量も近年目覚ましい伸びを見せている。

しかし、コーテッド工具にも幾つかの問題がある。中でもコーティング層の剥離は最大の問題であり、技術課題である⁽⁴⁾。コート素材と工具母材の硬度差が大きいと両者の結合力が弱まり、切削中に剥離が起こる。この剥離を抑制することがコーティング処理では重要になる。そのため、母材表面に硬化処理を施し硬度勾配を緩やかにする方法や、表面に故意に残留応力を形成し結合力を増す方法など複雑な前処理が必要となる。つまり、コスト削減を目的に工具性能の改善を図ると、コーティング法では更なる価格の高騰を招いてしまう。コーティング処理では性能の向上は可能であるが本質的なコスト削減は困難である。そのため、生産現場ではコーテッド工具に代わる新しい材質の工具、または処理方法への要求が高まっている。

その一方で、最近になり電・磁場を金属材料に作用させることにより材料特性の改質が起こることが実験的に見いだされた。電・磁場の中に置かれた物体

はその物性に依じて様々な影響を受ける。その現象を応用したのがエレクトロロンピュアーウオータ研究より開発されたデンシチャージャーである。この装置は、高電圧交流電源と種々の形状の電極で構成され、電極から発生する電場により様々な効果が得られ、その応用についての研究が進められている。

本研究では電場発生装置の応用として工具の性能改質を提案する。工具に電・磁場を熱と共に作用させその性能の改質を目的とする。しかし、電場附加の切削工具への応用は未知な部分も多く、性能の向上について変化メカニズムの解明と定量的な評価を行なうことが目的となる。

また、構築された熱・電・磁場による工具処理は非常に安価で簡便である為、その効果についての確固たる裏づけが得られれば、現在主流となっているコーティングによる工具性能の改善法に代わる新しい工具処理として期待できる。

以下に本論文の内容構成を示す。

第2章

熱・電・磁場処理に関して、その構成要素の電場附加装置の解説を行ない、その応用例、工具への応用について述べる。

第3章

処理を施した工具について、その切削性能の評価について述べる。

第4章

処理を施した工具について、その性質の変化について実験、考察を行ない、メカニズムの考察と、処理条件の最適化への提言を行なう。

第5章

本研究により得られた結論を述べる。

切削における磁場の効用 —工具の長寿命化と被削性の向上—

東京大学 柳原 聖*
谷 泰弘**

最近、砥粒加工を中心に磁場を援用した加工法がにわかに脚光を浴びている。以前より磁場を利用した加工法として、磁気研磨加工や磁気バレル研磨などがあるが、その内容は主として磁性体のメディアや研磨材を利用して磁力により砥粒の運動を制御する方法である¹⁾。これらは磁場を利用することで直接的に切れ刃の作業状態を変えることが大きな目的であり、磁場の効果として磁力のみを利用していることから、狭義の磁気援用加工と考えることができよう。

一方でトライボロジーの分野においては鉄鋼やニッケルなどの強磁性材料の磁場中における引張り試験において供試材の応力低下が認められたり²⁾、磁場中における乾燥摩擦試験において、磁場が金属同士の接触界面における酸化膜形成を促進し、摩擦形態を変化させることで摩擦を劇的に減少させることなどが報告されている³⁾。

また、強磁性材料の開発研究においては、磁区構造と結晶粒界との相互作用が明らかになってきている。結晶粒界は粒界を挟む粒子間の原子配列や周期と関係があり、材料の破壊強度や耐食性、電氣的性質などに影響を及ぼす可能性がある⁴⁾。

このように、磁場には材料特性を変化させて被削性を向上させる効果があると考えられている。

しかし、磁力のみを利用するだけでなく、上記のように材料の特性を磁場により効果的に変化させて除去加工を援用する広義の磁場援用加工の例は少ない。そこで、磁気を利用した磁場援用切削加工により工具寿命の向上とオーステナイト組織を有する合金の被削性向上を図った例を紹介する。

工具の長寿命化

著者らは、工具あるいは被削材に磁場を与えることで、なんらかの効果を生じさせて切削する方法を磁場援用切削法と定義づけている。

写真1は、その一例としてNd-Fe-B磁石により固定磁界を加工点付近に付与したものである。

写真1の状態で工具切れ刃付近には5~7 mTの磁場が印加されている。この程度の磁場強度であれば、加工によって生じた切りくずが工具周辺

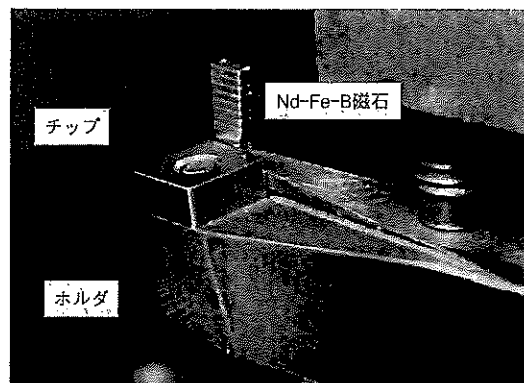


写真1 磁場の印加方法

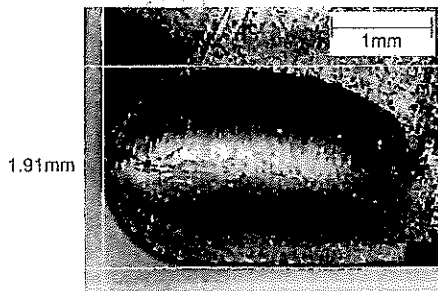
*やなぎはら きよし：生産技術研究所第二部 助手

**たに やすひろ：同 教授

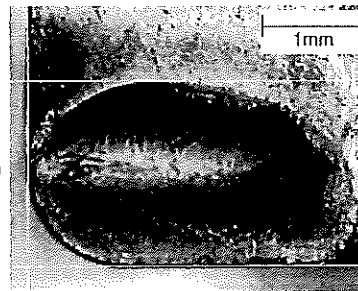
〒106-8558 東京都港区六本木7-22-1

電話：03(3402)6231

切削条件：表1(1), 切削距離：360 m

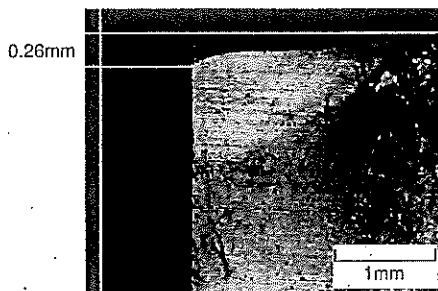


(a-1) 磁場なし

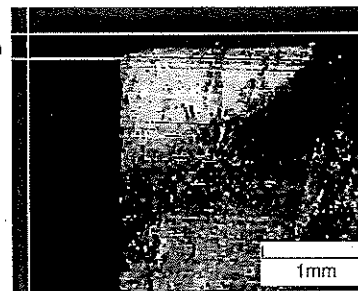


(a-2) 磁場あり

(a) すくい面摩耗



(b-1) 磁場なし



(b-2) 磁場あり

(b) 逃げ面摩耗

写真2 磁場の有無による摩耗状態の違い

表1 主な加工条件

Experiment No.	(1)	(2)
切削速度 m/min	120	80
送り mm/rev	0.5	0.2
切込み mm	2	1
被削材	SUS301	
工具材種	P30	
チップ	SNGA120408	
ホルダ	ESBNR2020	
切削材	乾式	

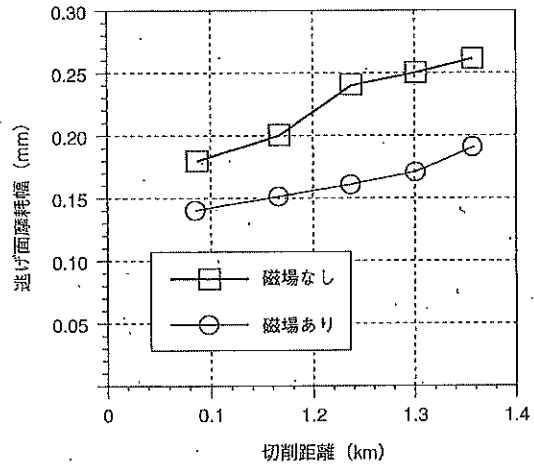


図1 磁場の有無による逃げ面摩耗の違い
[表1(1)の加工条件の場合]

に付着して作業を邪魔する恐れはない。

また、磁場の印加方法にも様々考えられるが、現行の機器に磁界を生じさせる付帯設備(たとえば電磁コイルなど)を取り付ける必要もなく、ATCへの工具の組付けを従来工具と同様に行えるように、このような形で固定磁場を印加することとした。しかし、製品化を考えるならば、磁石と切りくず、あるいは工作物との干渉を考える必要があり、工具ホルダへ埋め込むなどの措置が必要

であろう。

写真2は、表1の(1)の条件で、通常の乾式切削(以降、通常切削とする)と磁場援用切削の工具の摩耗状態になる。(a-1)、(a-2)はそれぞれ通常切削と磁場援用切削によるすくい面の摩耗状態、(b-1)、(b-2)は同様に逃げ面の摩耗状態になる。

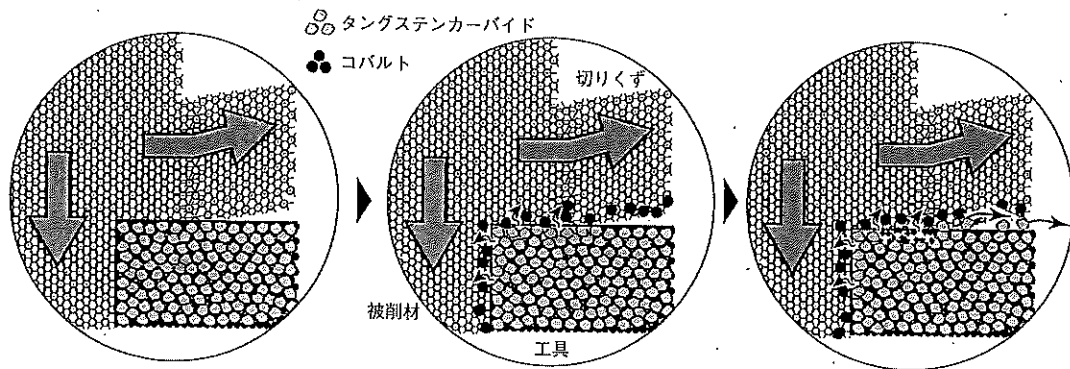


図2 超硬工具の摩耗イメージ

このように、磁場によりすくい面摩耗、逃げ面摩耗に大きな差が生じている。

図1に両切削加工法における切削距離に対する逃げ面摩耗幅の変化を示す。図から、わずか5～7 mT程度の磁場でも工具逃げ面摩耗の進行が緩やかになっており、通常切削より工具寿命が1.2～1.5倍程度向上している。

では、なぜ工具寿命が磁場の有無により違ってくるのであろうか。その鍵は超硬合金の成分にある。超硬工具は、WC(タングステンカーバイド)の粉体を主成分として焼結されている。焼結には、WC粒子同士を結合させるためにCo(コバルト)バインダが2～20wt%添加されている。

加工中の工具すくい面を考えると、工具は圧力数百MPa、摂氏千数百度の高温高圧下に曝されている。加工条件にもよるが、時として工具すくい面では工具焼結時に匹敵する切削温度と加工圧力が生じているのである。そのため、図2のようにバインダであるCoが溶融してしみ出したり、あるいはCoが軟化して結合力が弱まり、工作物の擦過によりCoやWC粒子が脱落してしまい工具摩耗が生じていると考えられている⁹⁾。

一方でCoは強磁性体でもある。したがって、上記のように磁界を工具に付与すれば、Coのしみ出しが防止されて工具摩耗が抑制されると思われる。

図1の実験の際、工具表層部のCo濃度の計測を同時に行った。すると、切削前の切れ刃近傍のCo濃度は5.2wt%であったのに対して、通常の乾式切削を行うと切削後には約7.8wt%と約2.6wt%Co濃度が高くなっていた。これは、切削温度

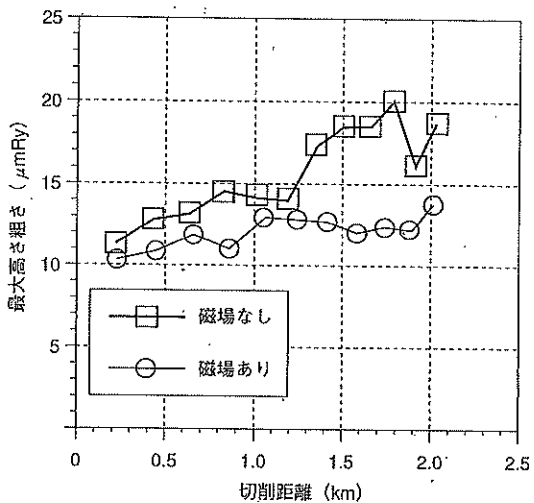


図3 磁場の有無による加工面粗さの違い (表2(2)の加工条件の場合)

により工具のCoが刃先近傍へとしみ出している結果と考えられる。一方、磁場援用切削を行った場合、工具のCo濃度は新品工具とほぼ同じ5.2wt%程度であった。このことは、磁場により工具中のCoのしみ出しが抑制されて工具寿命が向上したことを物語っている。

ところで、上記のようにCoのしみ出しが抑制されて工具摩耗が減少することは、Coをバインダとして用いた工具であればどのような工具でもその効果が期待される。たとえば、多結晶ダイヤモンド工具においても同様の効果が期待されよう。

オーステナイト組織を有する金属の被削性向上

もう1つの切削における磁場効果として、オー

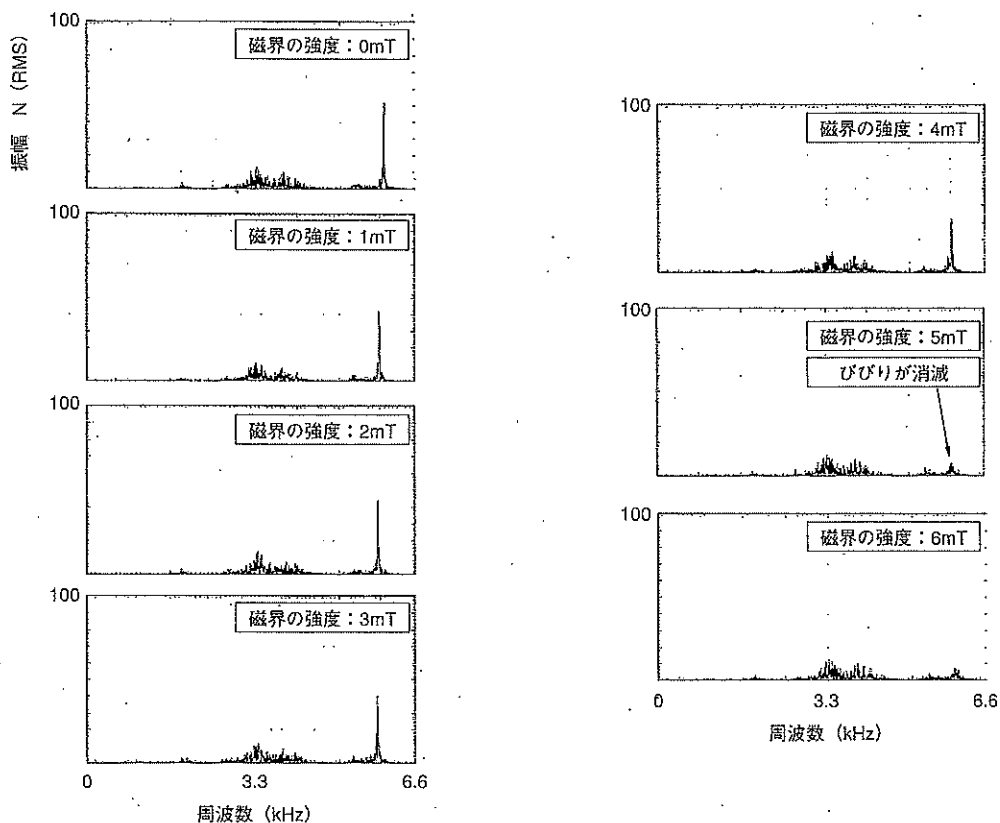


図4 磁場によるびびりの抑制効果

ステナイト組織を有する金属が磁場により組織変態を生じ、その結果被削性が向上する例を紹介する。

図3は表1の(2)の条件でオーステナイト系ステンレス鋼SUS304を加工した際の加工面粗さになる。図から、磁場援用切削により粗さが通常の乾式切削と比較して10～40%向上している。これは、加工ひずみによる加工誘起マルテンサイト変態に加えて磁場誘起マルテンサイト変態^{6,7)}が加工点付近において生じ、切りくずのマルテンサイト化が促進されることで切りくずの排出性が向上したためである。材料組織から切りくずの排出性を考慮すると、一般にオーステナイト組織は粘りが強いいため切りくずの排出性は良好とはいえない。一方、マルテンサイト組織は硬くて脆弱である。そのため工具への凝着も少なく、切りくずの排出性は比較的良好と考えられる。

切りくずの排出性は切削抵抗の変動にも大きな影響を及ぼす。とくに中ぐり加工、あるいは薄肉

物の仕上げ加工時における切削抵抗の変動は、被削材あるいは工具など加工を行っている系の固有振動数いかにによりびびりを引き起こしてしまう。したがって、磁場により切りくずの排出性が向上すれば、切削抵抗の変動が少なくなりびびりが生じ難くなるであろう。その一例を図4に示す。

図4は、磁場を0～7 mTまで1 mTずつ変化させたときの切削抵抗背分力のスペクトルである。まず磁場の印可されていない0 mTの切削では、約6kHzの工具びびりによる1次振動モードのスペクトルピークが認められる。しかし、磁場が5 mT以上になると6kHz付近にあった振動のピークが急激に収まっていることがわかる。これは磁場の効果以外に、磁石を工具先端に取り付けたことにより、工具の重量が増したため工具自身の固有振動数が変化して工具びびりが収まったとも考えられよう。

そこで、磁石と同じ重量のダミーウエイトを工具の同じ位置に置いて同様の実験を行ったが、結

加工条件：切削速度 $V=80\text{m/min}$ 、切込み $d=2.5\text{mm}$ 、送り $f=0.2\text{mm/rev}$

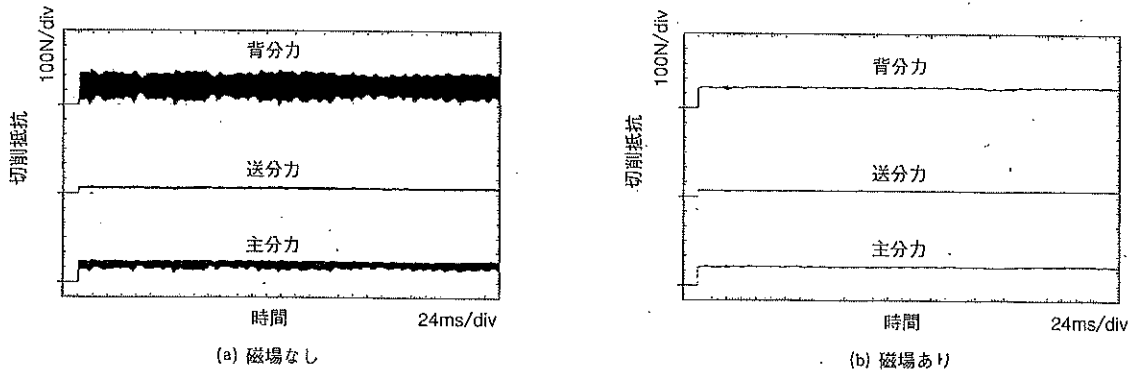


図5 インバー合金切削時における切削抵抗の違い

果は上記とは違い振動が収まることはなかった。つまり、このびびりの抑制効果は磁場によるものと結論づけられる。また、このような磁場の効果には一種のしきい値が存在し、本実験の印加方法においては5 mT以上の磁場において効果があると判明している。

SUS304以外のオーステナイト組織を有する難削材に磁場援用切削を適用した例を図5に示す。ここでは被削材としてインバー合金を用いて磁場援用切削を適用したときの切削抵抗を示してある。インバー合金は常温での熱膨張率が極めて小さい材料であり、SUS304のように磁場誘起マルテンサイト変態を生ずる材料である。

実験は切削速度80m/min、送り0.2mm/rev、切込み2.5mmで行っている。図から、通常切削においては各分力ともに変動が大きいことがわかる。しかし、磁場援用切削では通常切削とは違って代わりその変動は小さく、極めて平滑な波形になっていることがわかる。また、このときの加工面粗さは、理論粗さ $6.25\ \mu\text{mRy}$ に対して通常切削では $11.3\ \mu\text{mRy}$ 、磁場援用切削で $8.4\ \mu\text{mRy}$ と磁場援用切削により加工面粗さが向上していた。

☆

コーティング技術の進歩に伴い、切削加工に占めるコーティング工具の利用割合は高い。コーティング膜にも新たなコーティング膜の開発や多層化など新たな開発が日々続けられている。しかし、これらコーティング膜と工具母材との界面は、膜の密着性を確保するため、界面のCo濃度が工具

内部より若干高くなってしまふのが実状のようである。そのため、切削温度いかによっては表層部のCoが軟化してコーティング膜が剥離しやすくなる可能性がある。

今回は誌面の都合により割愛させていただいているが、コーティング工具においても本加工法の効果が認められている。磁場援用切削は、まだ研究の緒についたばかりであり検討すべき項目も数多く残されている。

しかし、本加工法はコーティング膜の密着を強固に保つことにおいても有用と考えられ、フライス加工やエンドミル加工など、熱衝撃によりコーティング膜に負担のかかるような断続切削にもその効果を大いに発揮すると思われる、さらなる工具の長寿命化を期待できるであろう。

参考文献

- 1) 今橋 昇；磁気バレル研磨の動向と応用，砥粒加工学会誌，Vol. 44，No. 1，(2000)，15。
- 2) 熊谷一男；磁場によって変わる金属の摩耗，熱処理，Vol. 31，No. 4，(1991)，189。
- 3) 榎東芝，特開平10-249601。
- 4) 川原浩一；強磁性多結晶材料の磁区構造と粒界との相互作用の観察，日本機械学会誌，Vol. 103，No. 974，(2000)，62。
- 5) 鳴瀧則彦，岩田一明，奥島啓式；工具摩耗面のマイクロアナライザ観察，精密機械，Vol. 32，No. 9，(1966)，607。
- 6) 西山善次；マルテンサイト変態—基本編—：丸善，(1958)，215。
- 7) 清水謙一；マルテンサイト変態における磁場効果，日本金属学会会報，Vol. 25，No. 5，(1986)，392。



INPLATE-IPX

技術の概要

《IPX処理》とは、切削工具の寿命延長、高速加工の補強のために実地している処理方法で、いわゆる表面処理とは異なり特殊な磁場エネルギーを利用して、常温で金属組織を変化させ硬度をたかめる《磁歪効果・エッジ効果》金属そのものの強化を図る方法です。

この処理方法は、磁場エネルギーを直接金属組織に作用させるもので、エネルギー効率が高く、加工費用においても圧倒的優位を持つものと考えています。

《IPX処理》の特徴は残留オーステナイトの分解、残留応力の除去などが行なわれ、機械的性質が向上することにあるといわれています。その特徴を生かすためのIPX磁場処理条件としては、処理対象物の材質及び状態、磁場の種類(固定・直流・交流)更に磁場エネルギーの強さや照射時間らが重要な要因となります。

IPX処理

磁場の発生している場所に処理したい金属、その他の物を置き、その物の性質をかえることです。一般に、磁場処理と呼ばれている方法には2つの方法があります。

- ①磁場熱処理— 磁場熱処理炉内で焼入れ、焼戻しを行なう方法で、主に直流磁場を使用。
- ②磁場振動処理— 交流磁場をかけると物の長さが交互に変化する現象を利用する。

弊社が開発した《IPX処理》は磁場振動処理に属する処理法で、特殊な波形をもった交流磁場発生器と電気炉を使用して実地しています。

IPX処理の特徴

《IPX処理》については、開発着手からすでに10年が経過しています。その間、お客様からお預かりいたしました切削工具等に《IPX処理》を実地し、実地品の検討をお願いしてまいりました。これまでにお客様からいただきました評価及び開発研究途上で、事項を整理してみますと次のようなことがいえます。(IPX処理複合方法も含む)

- ① 処理品は自己潤滑性がみられる。
- ② 切削寿命の延長..... 一般的には2倍～3倍、最高のデータは20倍(サーメット)
- ③ 乾式切削時、寿命増大効果が顕著。..... 刃先の温度上昇が少ない。
- ④ 刃先の欠損が少ない。..... 切削時の寿命が長い。
- ⑤ 構成刃先が生じにくい。
- ⑥ 切削面がきれい。..... 面粗度が良い。バリの発生が少ない。
- ⑦ 耐摩耗性が向上。..... 刃物再研寿命(再研磨回数)が長い。
- ⑧ 再研磨後も長寿命が継続する。

最新 IPX 処理の性状表

INPLATE—IPX・IP 処理

〔Comparison and specification of INPLATE—IPX・IP〕

IPX 処理は電磁場エネルギーの働きで工具鋼の組織を緻密化して耐摩耗性を増強する又組織表面を潤滑性を付加し摩擦係数を低下させ工具寿命を2倍～3倍延すほか、加工面の粗さについても10%から40%改善できる成果を確認しています。

東京セラミック技術部はIPX 処理の自己潤滑性能を主体的な試験成績表として提示する。〔鋼の種類によりIPX 処理の性能数値は異なります〕

	IPX-IP 処理	V-I (Physical Vapor Deposition)	
処理温度	120°C～250°C	硬度 Hardness	3, 500Hv
表面粗さ	◎	酸化温度 Oxidation start temperature	1000°C
熱伝導率	◎	密着力 Adhesion	100N
耐摩耗性	◎	膜厚 Coating thickness	1μ～2.5μ
焼付き荷重性能	◎	膜密度 Coating density	◎
摩擦係数	0.12	必要な箇所のみ処理 Masking	◎
乾式潤滑—被膜温度有効°C	～920°C	つきまわり性能 Throwing power,	◎
EPL (Extreme Pressure Lubricant)	450°C～950°C A-Type	RAM (Range of applicable materials) 適用範囲はあらゆる材種と加工分野	◎
四球試験耐荷重値数値	15・5kg/cm ²	硬さと潤滑性能	◎
色相〔被素材により変化〕	銅色、灰色、その他	耐溶着性、親和性の関係	◎

東京セラミック LIMITED.,

愛知県あま市森一丁目11番地2

Tel 052-449-6150 Fax 052-449-6158

東セラ INPLATE-IPX シリーズ (表面改質コーティング)

IPX処理シリーズの特徴

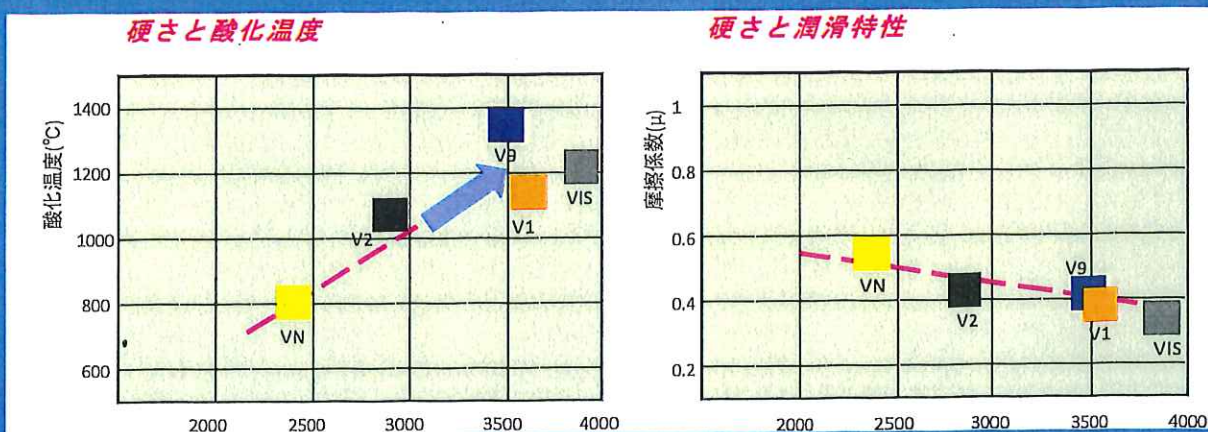
Figure 1

ランク	AAA	AA	AA	A	A
コーティング名	IPX-VIS	IPX-V1	IPX-V9	IPX-V2	IPX-VN
特長	超高硬度、 超耐酸化性	低摩擦、 Feとの低親和性	超耐酸化性	高硬度、 耐酸化性	密着性良
硬度 (押し込み硬度) 過重: 9.8mN	3800 (HV)	3500 (HV)	3500 (HV)	2800 (HV)	2500 (HV)
密着力 Max: 100N スクラッチテスト、基体: 超硬	100N	100N	100N	100N	100N
酸化開始温度 酸化深さより換算	~1200°C	~1200°C	~1300°C	~1100°C	~800°C
摩擦係数 ボール: S45C	0.2~0.35	0.2~0.45	0.2~0.45	0.4~0.6	0.4~0.6
膜厚	~5µm	~3µm	~5µm	~3µm	~5µm

IPX-INPLATE MTF	Temperature 【°C】	Time 【min】	Cycle	周波数 【kHz】	Voltage 【V】	MTF・E・Power
	120	30	4	60	2,700	3

工具、IPX とナノコートからなる結晶粒の制御により硬さと耐酸化性の大幅改善で工具金型寿命向上

Figure 2



New Surface Treatments

MTF (Magnetic Transformation Field Pro. (誘導磁場処理))

PVD (Physical Vapor Deposition (乾式薄膜コーティング))

東京セラミック TOKYO CERAMIC LIMITED.,

TOKYO SERAMIC IPX-PLATING



Magnetic Transformation Field Process

For Cutting Tool

Hob, Broach, Pinion Cutter →
Insert, Drill, Endmill, Reamer, Tap, etc...

**Great
Result!!!!**

*Tool Life
Surface Hardness
Smoothly Surface
Lubrication Property
Abrasion Resistant
Exfoliation Resistant
Oxidation Resistant*

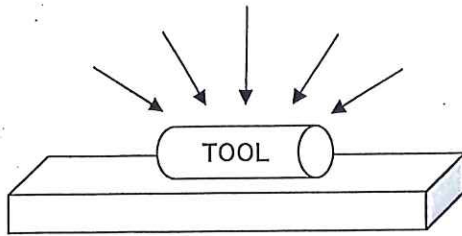
***These performances are
improved very much.***

***This technology reduces
your running cost.***

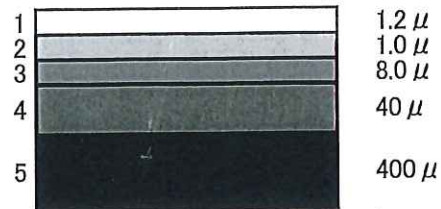
TOMITA U.S.A
Plain City OHIO
Phone: 614-873-6509

IPX-INPLATING

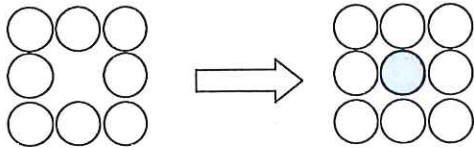
Magnetic Transformation Field Process



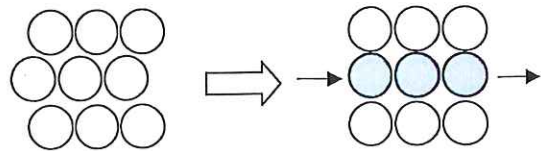
The tissue of tool is changed.
5 layers are made.



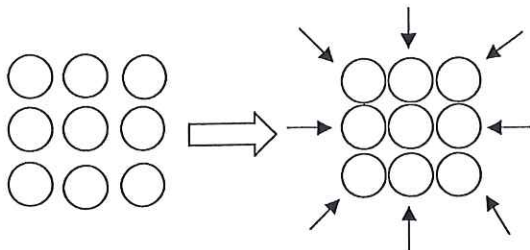
Complement of particle hole



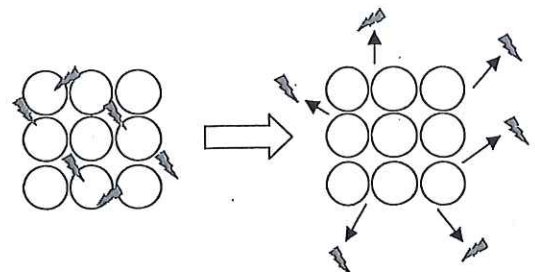
Normalization of particle arrangement



Consolidation of particle bonding



Removal of impurity



TOMITA U.S.A
Plain City OHIO
Phone: 614-873-6509