

# コーテッド超硬工具を用いたバニシング加工：コーテッド工具の摩耗特性の検討

著者	新谷 正義, 松原 拡, 岡田 将人, 立矢 宏, 浅川 直紀, 大津 雅亮
著者別表示	Shinya Masayoshi, Matsubara Hiromu, Okada Masato, Tachiya Hiroshi, Asakawa Naoki, Otus Masaaki
雑誌名	精密工学会学術講演会講演論文集
巻	2016 Autumn
号	K09
ページ	583-584
発行年	2016
URL	<a href="http://doi.org/10.24517/00050332">http://doi.org/10.24517/00050332</a>

doi: 10.11522/pscjspe.2016A.0\_583



## コーテッド超硬工具を用いたバニシング加工 - コーテッド工具の摩耗特性の検討 -

金沢大学大学院 ○新谷正義, 松原拓, 福井大学 岡田将人  
金沢大学 立矢宏, 浅川直紀, 福井大学 大津雅亮

### Burnishing Process using Coated Carbide Tool - Wear Characteristics Evaluation of Coated Tool -

Kanazawa University Masayoshi SHINYA, Hiromu MATSUBARA, University of Fukui Masato OKADA  
Kanazawa University Hiroshi TACHIYA, Naoki ASAKAWA, University of Fukui Masaaki OTSU

This study deals with a burnishing process to generate smooth surfaces and enhanced layers. In conventional method, which is proposed by the authors, a diamond tipped tool was used. In this investigation, the coated carbide tool was applied as a burnishing tool. A proposed hybrid-type parallel mechanism with spherical 5-degree-of-freedom range and force control was used as a burnishing machine, and a stainless steel surface was targeted. In previous investigation, Diamond-Like-Carbon coated tool can achieve the superior surface, while flaking of the coated film was easily occurred. In this report, the wear characteristics of the laminated DLC coated tool, which is improved flaking resistance, was investigated.

#### 1. 緒言

金型のような自由曲面を有する工作物表面の平滑化と加工硬化ならびに圧縮残留応力の付与を目的としたバニシング加工について検討した。著者らはフライス加工の要領で、先端に半球形状を有するダイヤモンドチップを対象面上に定力下で摺動させることで良好な仕上げ面を得ることに成功している<sup>1)</sup>。また、ダイヤモンドチップを回転させることで、工作物表面の更なる平滑化や加工硬化層の増加が見込めることも明らかにした<sup>2)</sup>。しかしながら、ダイヤモンドチップは製造の困難さから非常に高価であり、摩耗した際の再研磨も難しい。そこで著者らはダイヤモンドチップより安価でコーティング膜の再生も可能なコーテッド超硬工具の適用を目的とし、その基礎的な加工特性について平坦面を対象に検討した<sup>3)</sup>。その結果、非常に平滑な面を有しているDiamond-Like-Carbon(以下、DLC)コーテッド超硬工具を用いた場合に良好な仕上げ面が得られたものの、加工初期段階でDLC膜の著しい剥離が認められた。これは、DLCと工具母材である超硬合金との機械的特性が大きく異なることに起因すると考えられる。そこで、DLCと母材の間に中間層として(Ti, Mo)Nコーティングを被覆し、母材からDLC膜までの機械的特性を傾斜的に変化させることによりDLCの耐剥離性を向上させた積層DLCコーテッド超硬工具(以下、L-DLC工具)をバニシング加工に適用し、その加工特性および摩耗特性を評価したので報告する。

#### 2. 実験方法

本実験で使用する加工機を図1に示す。本装置は空間3自由度パラレルメカニズムと2軸方向の並進運動を創生する平面案内テーブルを組み合わせた機構であり、全体として5自由度を有する。したがって、本装置は5軸の工作機械と同等な加工が可能となる。平面案内テーブル上には3成分力センサが取り付けられて

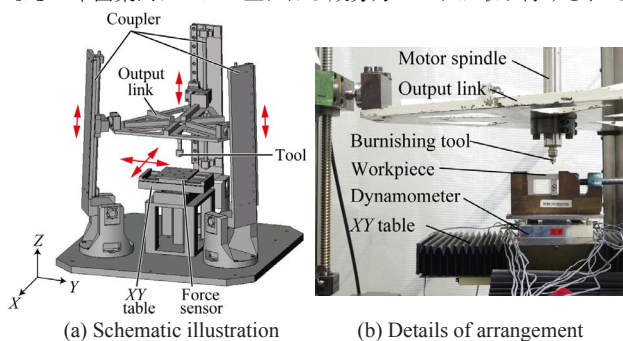


Fig. 1 Spherical 5-DOF hybrid-type parallel mechanism with rotary tool

おり、加工中に生じる力を方向成分毎に測定し、工具先端の位置を制御することで、定力によるバニシング加工を実現している。本装置の出力節にスピンドルを取り付け、その先端に工具を取り付けた。図2に示すように一定のクロスフィードを与えて、工具を工作物の正面フライスによる前加工痕に対し直角方向に往復させることにより面状の加工を行う。主な実験条件と採用したコーティング材質の諸特性を表1, 2にそれぞれ示す。工具回転による摺動速度 $v_s$  [m/min]は、図3に示す加工部接触点における理論的な周速度と定義し、工具半径 $R$  [mm]、スピンドル回転数 $N$  [rpm]、工具の傾斜角 $\alpha$  [°]によって決定され、(1)式より算出した。また、工具の摩耗特性を評価するための摩耗試験では、加工時間と摺動速度の積で表される摺動距離 $L_b$  [m]を実験パラメータとし、摺動距離に対する工具表面外観、仕上げ面の表面粗さおよび光沢度を測定し、工具寿命の同定を行った。

#### 3. 実験結果

##### 3.1 積層コーテッド超硬工具の仕上げ面特性

L-DLC工具の加工特性を評価するため、本工具を用いて作成

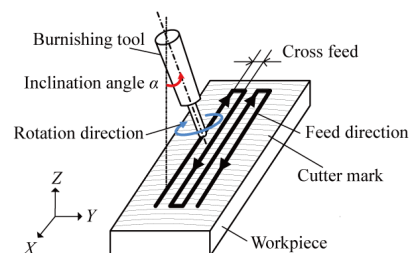


Fig. 2 Tool path of burnishing process

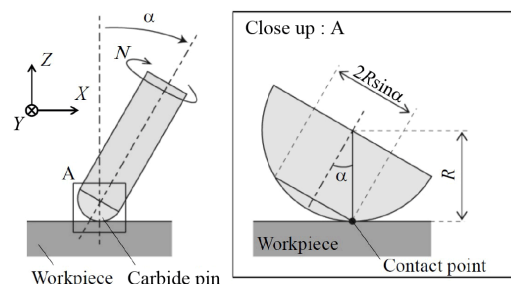


Fig. 3 Definition of sliding speed  $v_s$

$$v_s = \pi \cdot R \cdot N \sin \alpha / 500 \quad (1)$$

した仕上げ面の表面粗さおよび光沢度を測定した。また、比較のためコート処理を施していない超硬工具（以下、ノンコート）、(Ti, Mo)N コート、DLC コート工具でも同様に仕上げ面を作成し、表面粗さおよび光沢度を測定した。その結果を図4に示す。表面粗さおよび光沢度の測定にはそれぞれ粗さ計（糊ミットヨ, SJ-410）、高光沢グロスチェッカ（堀場製作所, IG-410）を用いた。光沢度とは、表面に光を当てたときの正反射の程度を表す量で、単位は無次元である。本測定装置では、測定対象面への光の入射角が60°で完全な鏡面反射をした場合に1000となる。光沢度は測定対象表面の微小凹凸の傾斜に依存するため<sup>9)</sup>、光沢度を測定することで表面粗さに反映されない表面形状を定量的に評価することができる。図4より、ノンコート、(Ti, Mo)N コートと比べてDLC コートを施すことにより表面粗さ、光沢度ともに良好な仕上げ面が得られていることがわかる。図5に加工対象物と接触する工具先端表面のレーザ顕微鏡観察結果を示す。いずれも加工前の表面状態である。図5より、ノンコートでは研磨痕が残存しており、(Ti, Mo)N コートはピンホールが認められ、DLC コートおよびL-DLC コートは非常に平滑な面を有していることがわかる。バニシング加工では工具の表面形状が工作物に転写されるため、工具側の表面性状が加工結果に著しく影響を与えていると考えられる。これらのことから、仕上げ面は工具外表面の表面形態に依存するといえ、積層コーテッド工具においても、中間層の仕上げ面の影響は認められず、外表面のDLCの表面形態が仕上げ面に支配的であるといえる。

Table 1 Experimental conditions

Workpiece	Stainless steel JIS SUS316 (200HV) Preliminary surface Ra X-direction : ~ 0.4 μm, Y-direction : ~ 0.3 μm
Burnishing tool	Spherical carbide pin R = 1.5 mm (94.0 HRA, WC: 85-95wt%, Co: 5-8wt% Average grain size 0.5 μm) Non-coated, DLC coated, (Ti, Mo)N coated, L-DLC coated
Sliding speed	$v_s = 17$ m/min
Feed rate	$f = 5$ mm/sec
Thrust force	$F_t = 20$ N
Cross feed	$CF = 50$ μm
Lubrication	UP-21KN, Unitech Co.Ltd.

Table 2 Properties of coating materials<sup>4)</sup>

	Vickers hardness	Coefficient of friction	Coating thickness
(Ti, Mo)N	1800-2000 HV	0.5	2-4 μm
DLC	2000-2200 HV	0.1	1-2 μm

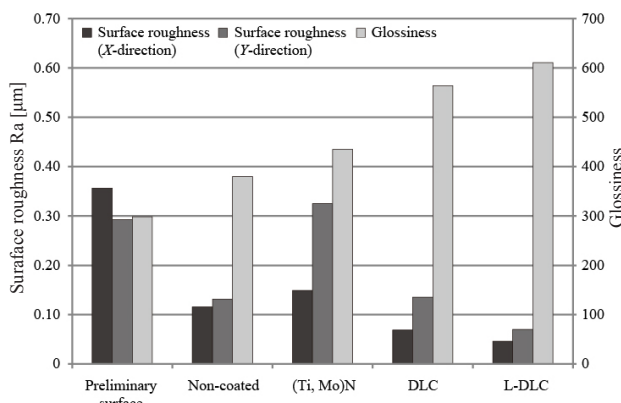


Fig. 4 Influence of surface material of burnishing tool on burnished surface roughness and glossiness

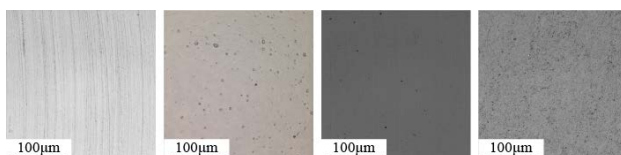


Fig. 5 Surface appearances of non-coated and coated carbide tools

### 3.2 積層コーテッド超硬工具の摩耗特性

L-DLC 工具の摩耗特性を評価するため、摺動距離  $L_b$  の増加に伴う工具表面外観と仕上げ面の表面粗さならびに光沢度を評価した。撮影および測定した工具表面外観、表面粗さおよび光沢度をそれぞれ図6、7に示す。ここで、図7に示す各方向の表面粗さならびに光沢度は、記載されている各摺動距離から手前75mの範囲により作成された仕上げ面を測定した値である。 $L_b = 600$ mの測定値は、 $L_b = 525 - 600$ mの摺動距離間で得られた仕上げ面の面性状を示している。また、図8にDLC コート工具を用いた場合の任意の摺動距離における工具外観写真を示す。図6と比較して、大きな膜剥離が確認でき、仕上げ面性状の悪化が認められた。これらのことから、(Ti, Mo)Nを中間層としたL-DLC 工具をバニシング加工に用いることで、高い耐摩耗性が得られ、良好な仕上げ面性状を長い摺動距離に亘って得ることが可能になった。

### 4. 結言

- (1) L-DLC 工具において、中間層として(Ti, Mo)Nを被覆したことによる仕上げ面への影響は認められなかった。
- (2) 中間層を被覆したL-DLC 工具はDLC 膜の著しい剥離は認められず、良好な仕上げ面性状を長い摺動距離に亘って得ることが可能である。

### 謝辞

本研究の一部は、大澤科学技術振興財団平成26年度研究開発助成により行われた。また、本研究遂行にあたり、堀北熱様より、技術的な御協力をいただいた。ここに記して深謝する。

### 参考文献

- 1) M. Okada, H. Kozuka, et al., Burnishing process by the spherical 5-degrees hybrid type parallel mechanism with force control, Int. J. Autom. Technol, Vol. 8, No. 2, pp. 243-252, 2014.
- 2) M. Okada, M. Shinya, et al., Diamond burnishing process with rotary tool (Fundamental considerations of burnishing characteristics), Proc. LEM21, 2015.
- 3) 新谷正義, 岡田将人ら, 工具回転機能を有したバニシング加工の基礎的検討 - コーテッド超硬工具の適用 -, 精密工学会学術講演会講演論文集 2016S(0), 613-614, 2016.
- 4) 堀北熱, 技術資料, コーティング性能比較
- 5) 米原牧子, 鈴木圭介ら, 5052 アルミニウム合金の表面凹凸が光沢度に及ぼす影響, 軽金属, Vol. 53, No. 4, pp.163-168, 2003.

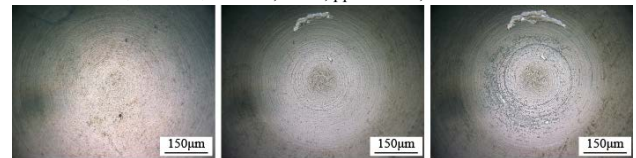


Fig. 6 Wear behavior of L-DLC coated tool for each burnishing length

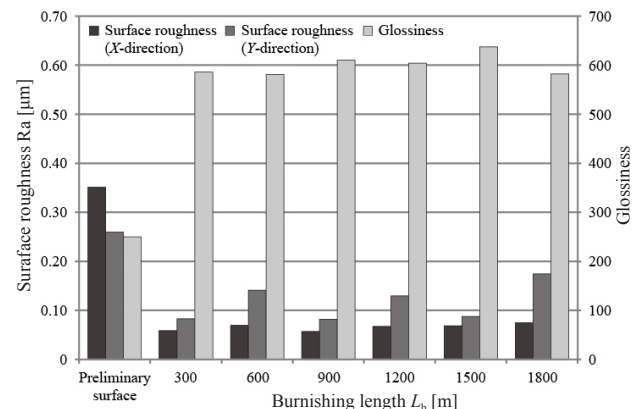


Fig. 7 Relationship between burnishing length and burnished surface roughness and glossiness using L-DLC coated tool

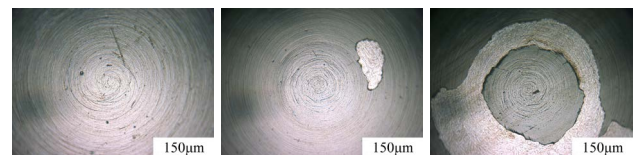


Fig. 8 Wear behavior of DLC coated tool for each burnishing length