

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

著者	新谷 正義, 岡田 将人, 小塚 裕明, 立矢 宏, 浅川 直紀, 大津 雅亮
著者別表示	Shinya Masayoshi, Okada Masato, Kozuka Hiroaki, 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 Spring
号	H44
ページ	613-614
発行年	2016
URL	http://doi.org/10.24517/00050331

doi: 10.11522/pscjspe.2016S.0_613



工具回転機能を有したパニシング加工の基礎的検討 - コーテッド超硬工具の適用 -

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

Fundamental Study on Burnishing Process with Rotary Tool - Application of Coated Carbide Tool -

Kanazawa University Masayoshi SHINYA, University of Fukui Masato OKADA
Kanazawa University Hiroaki KOZUKA, Kanazawa University Hiroshi TACHIYA
Kanazawa University 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. Non-coated carbide tool, titanium nitride and diamond-like-carbon coated carbide tools were used, and a stainless steel surface was targeted. The fundamental burnishing characteristics of the proposed tool were mainly evaluated by the surface profile and appearance of the burnished surface, and it was clarified that DLC-coated carbide tool was better than non-coated and TiN-coated one to generate smooth surface.

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パ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¹⁾。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²⁾。しかしながら、ダイヤモンドチップは製造の困難さから、非常に高価である。そこで本報では、ダイヤモンドより安価なコーテッド超硬工具をパニシング加工に適用し、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。また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、定力によるパニシング加工を実現している。本装置の出力筋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い、その仕上げ面を評価した。主な実験条件と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1(c)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 α [°] によって決定され、(1)式より算出した。

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

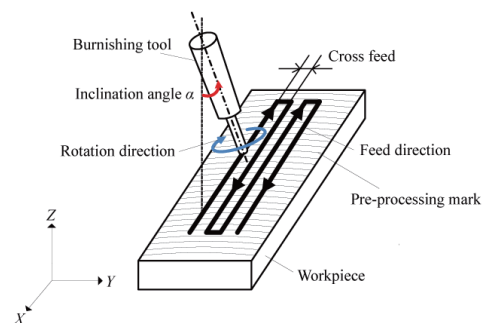


Fig. 2 Tool path

Table 1 Experimental conditions

Workpiece	Stainless steel JIS SUS316 Preliminary surface Ra = approx. 0.25 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, TiN-coated, DLC-coated
Sliding speed	$v_s = 0, 17$ 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 materials³⁾

	Vickers hardness	Coefficient of friction	Coating thickness
TiN	1600-1800 HV	0.5	2-4 μm
DLC	2000-2200 HV	0.1	1.0-2.0 μm

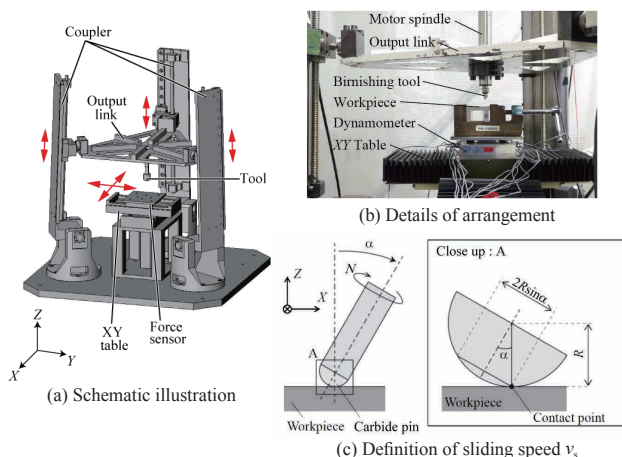


Fig. 1 Spherical 5-DOF hybrid-type parallel mechanism with rotary tool

3. 実験結果

3.1 コーティングおよび工具回転が仕上げ面外観に及ぼす影響

コーティングが仕上げ面外観に及ぼす影響を検討するため、図3に示す10mm角の仕上げ面を作成した。左からノンコート、TiN、DLCの仕上げ面である。図3(a)より、工具無回転時においてノンコート、TiNを用いた場合の仕上げ面が前加工面よりも悪化しており、DLCを用いた場合は鏡面が得られていることがわかる。図4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。ノンコートは研磨痕が残存しており、TiNはコーティング材質の溶滴により突起やピンホールが散在し、ドロップレットが目立つ。これらの工具では工作物の押しならし作用に加えて、工具表面上の微小凹凸による工作物材料の除去作用が生じたと考えられる。一方、DLCは非常に平滑な表面を有しているため、良好な仕上げ面が得られたと考えられる。図3(b)より、工具回転時においてはノンコート、TiNを用いた場合の仕上げ面は工具無回転時よりも良好であることがわかる。これは、工具無回転時は工具接触部の微小凹凸形状が転写されるのに対し、工具回転時はそれが平均化されるためと考える。

3.2 コーティングおよび工具回転が表面形状に及ぼす影響

コーティングおよび工具回転が表面形状に及ぼす影響を検討するため、仕上げ面付近の表面形状を図5に示す。表面形状の測定には触針式粗さ計(Form Talysurf S2 i120, Taylor-Hobson Ltd.)を用いた。ノンコート、TiNに関しては、工具回転による表面性状の変化傾向が仕上げ面外観と同様に認められる。また、DLCの表面形状には工具経路に沿った加工痕が明確に転写されており、工具回転による影響が明確には認められなかった。

3.3 仕上げ面の光沢度および断面形状

仕上げ面の光沢度を定量的に評価するため、仕上げ面の表面粗さ

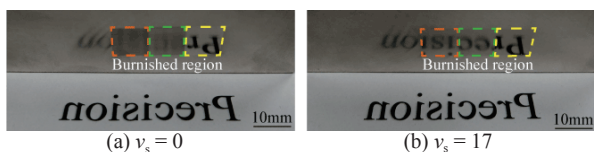


Fig. 3 Burnished surfaces (Left : Non-coated, Center : TiN, Right : DLC)

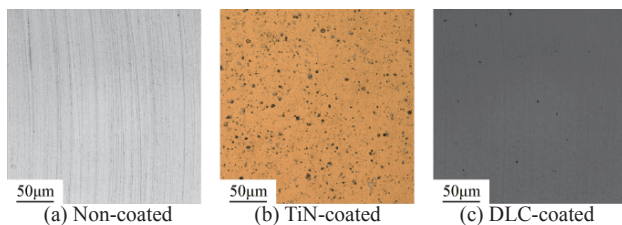


Fig. 4 Surface appearances of non-coated one coated carbide tools

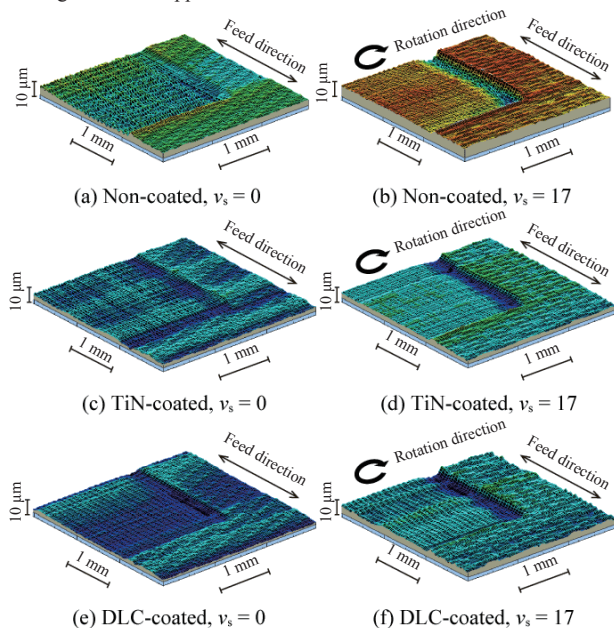


Fig. 5 3D-profiles of burnished surfaces

と光沢度をそれぞれ粗さ計(SJ-410, Mitutoyo Ltd), 高光沢グロスチェッカ(IG-410, HORIBA Ltd.)を用いて測定した。その結果を図6に示す。光沢度とは、表面に光を当てたときの正反射の程度の表す量で、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。図6より、工具回転時においてノンコート、TiNを用いた場合、仕上げ面の表面粗さと光沢度共に改善が認められた。また、工具回転時におけるTiNの仕上げ面表面粗さはDLCと同等であるが、光沢度に差が認められた。図7にTiNおよびDLCを用いた場合の仕上げ面の断面形状を示す。図より、DLCを用いた場合の仕上げ面の断面形状はTiNを用いた場合よりも規則的で滑らかであることがわかる。このような面は拡散反射の影響が小さいため、光沢度が増したと考えられる⁴⁾。

4. 結言

- (1) コーテッド超硬工具を用いたバニシング加工では、工具接触部の表面性状が仕上げ面に著しく影響を与える。
- (2) 光沢度を評価することにより、DLC コーテッド工具の有意性が認められた。

参考文献

- 1) M. Okada, H. Kozuka, H. Tachiya, T. Iwasaki, and Y. Yamashita, 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, K. Watanabe, H. Kozuka, H. Tachiya, M. Otsu, Diamond burnishing process with rotary tool (Fundamental considerations of burnishing characteristics), Proc. LEM21, 2015.
- 3) 榎北熱, 技術資料, コーティング性能比較 - 1508
- 4) 米原牧子, 鈴木圭介, 木原幸一郎, 木嶋彰, 磯野宏秋, 杉林俊雄, 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, 第53巻第4号(2003), 163-168

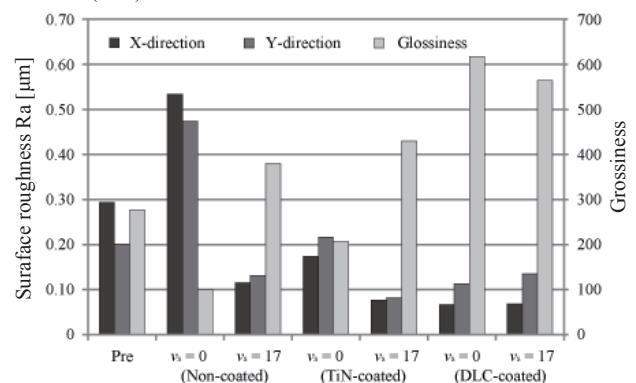


Fig. 6 Surface roughness and glossiness of burnished surfaces

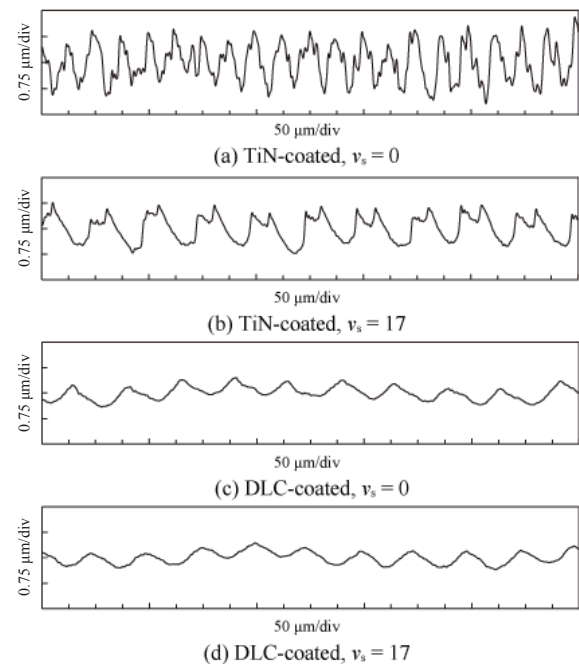


Fig. 7 Surface profiles of burnished surfaces for Y-direction