

工具回転機能を有したダイヤモンドチップバニシング加工の基礎的検討

著者	峯村 聡, 岡田 将人, 新谷 正義, 小塚 裕明, 立矢 宏, 浅川 直紀, 大津 雅亮
著者別表示	Minemura Satoshi, Okada Masato, Shinya Masayoshi, Kozuka Hiroaki, Tachiya Hiroshi, Asakawa Naoki, Otsu Masaaki
雑誌名	精密工学会学術講演会講演論文集
巻	2015 Autumn
号	F46
ページ	373-374
URL	http://doi.org/10.24517/00052935

doi: 10.11522/pscjspe.2015A.0_373



工具回転機能を有したダイヤモンドチップバニシング加工の基礎的検討

金沢大学大学院 ○峯村聡, 福井大学 岡田将人, 金沢大学大学院 新谷正義
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 diamond burnishing process with rotary tool

Kanazawa University Satoshi MINEMURA, University of Fukui Masato OKADA
Kanazawa University Masayoshi SHINYA, Kanazawa University Hiroaki KOZUKA
Kanazawa University Hiroshi TACHIYA, Kanazawa University Naoki ASAKAWA
University of Fukui Masaaki OTSU

The effectiveness of a diamond burnishing method with rotating tool, which is proposed by the authors, is investigated. A proposed hybrid-type parallel mechanism with spherical 5-degree-of-freedom range and force control was used as a burnishing machine. A diamond tipped tool, which is rotated by the high-speed-motor spindle, was used as a burnishing tool. A hardened die steel surface were targeted. The fundamental characteristics of the proposed method were evaluated by the surface profile and appearance of the burnishing mark and metallographic structure of the burnished surface layer, and the advantages of the proposed method were clarified by comparing with the conventional method, which is without the tool rotation.

1. 緒言

金型などのような自由曲面を有する直方体状の工作物の表面仕上げ法として、表面の平滑化を目的としたダイヤモンドチップバニシング加工法について検討する。著者らはこれまでに、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撻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⁾。そこで本報では、工作物が高硬度材の場合においても、より良好な加工特性が得られることを目指して、工具を回転させながら対象面上に送る新たな加工法を提案し、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、その先端に図2に示す工具を取り付けた。本工具は先端がダイヤモンドでR1.5mmの半球形状となっている。本実験装置によるバニシング加工では、一定のクロスフィードを与えて工具を往復させることにより面状の加工を行うが、本実験では工具の回転が仕上げ面性状に及ぼす影響を検討するため、クロスフィードを与えず、工作物の研削痕に対し直角方向に工具を送った加工痕上の仕上げ面を評価した。主な実験条件を表1に示す。工作物には合金工具鋼鋼材(SKD11)の焼き入れ材(HRC60程度)を用い、加工中は潤滑油として冷間加工用油(UP-21KN, Unitech Co.Ltd.)を塗布した。工具回転によ

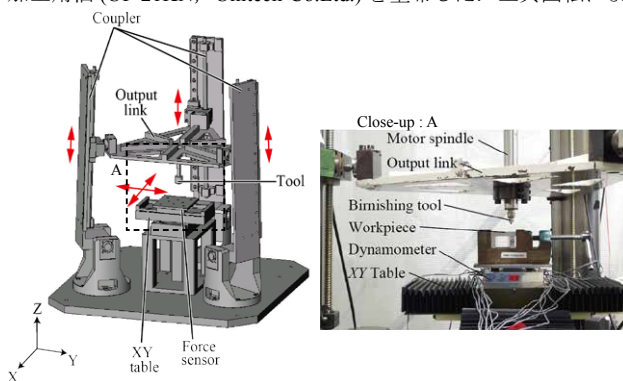


Fig. 1 Spherical 5-DOF hybrid-type parallel mechanism

る撻動速度 $v_s = 0, 17$ m/min, 送り速度 $f = 2.5, 5, 10$ mm/sec, 押付力 $F_t = 100, 200$ Nとした。加工部模式図を図3に示す。工具回転による撻動速度 v_s [m/min] は、接触点における理論的な周速度と定義し、ダイヤモンドチップの半径 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。

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

3. 実験結果

3.1 工具回転が表面形状に及ぼす影響

図4(a), (b)に工具回転が表面形状に及ぼす影響を検討するため、 $f = 10$ mm/sec, $F_t = 100$ Nにおける $v_s = 0, 17$ m/minによる加工痕周辺部の表面形状を示す。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。図4より、工具を回転させることにより加工痕がより明確になり、材料の押しならし作用が得られていることがわかる。他の条件は同一であることから、これは、工具の回転に伴い生じる撻動作用により、

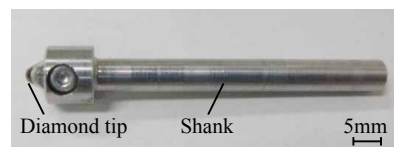


Fig. 2 Diamond tipped tool

Table 1 Experimental conditions

Workpiece	Hardened die steel JIS SKD11 (approx. 60HRC)
Burnishing tool	Spherical diamond tip $R = 1.5$ mm
Sliding speed	$v_s = 0, 17$ m/min
Feed rate	$f = 2.5, 5, 10$ mm/sec
Thrust force	$F_t = 100, 200$ N
Lubrication	UP-21KN, Unitech Co.Ltd.

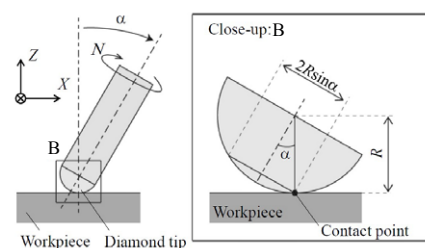


Fig. 3 Proposed burnishing method using rotary tool

研削痕凸部の材料流動を促進できたためと考えられる。

3.2 送り速度が表面形状に及ぼす影響

送り速度による影響を検討するため、図 5(a), (b) に $f = 5, 2.5$ mm/sec における加工痕の表面形状を示す。 v_s, F_t はそれぞれ 17 m/min, 100 N で揃えた。図 4(b) と比べて、送り速度を減少させることにより、加工痕形状が明確になり研削痕による凹凸部形状が消失していることがわかる。これは、送り速度を減少させることにより、図 4(b) での実験条件と比較して、表面の微小凹凸に対し、より効果的に摺動作用を付与できたためと考えられる。 $f = 5, 10$ mm/sec において工具回転を付与しない場合、送り速度による表面形状への影響はほとんど認められなかったことから、この傾向は本加工法の特徴といえ、工作物の表面形状に応じて送り速度を変化させることで、仕上げ面の表面形状を制御することができるといえる。

3.3 押付力が表面形状に及ぼす影響

図 6 に $v_s = 17$ m/min, $f = 2.5$ mm/sec, $F_t = 200$ N における表面形状を示す。図にみるように、図 5(b) と比較して F_t の増加によ

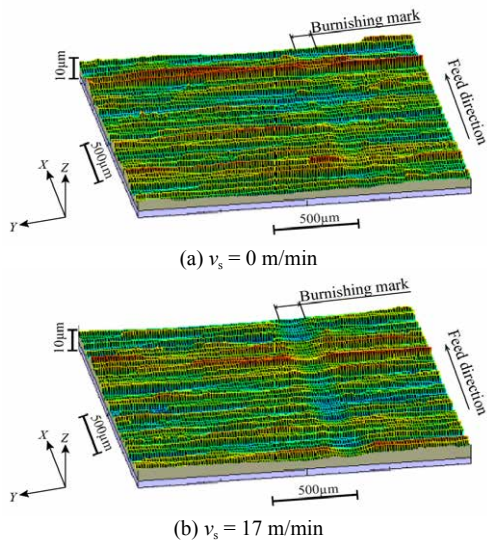


Fig. 4 Surface profiles ($f = 10$ mm/sec, $F_t = 100$ N)

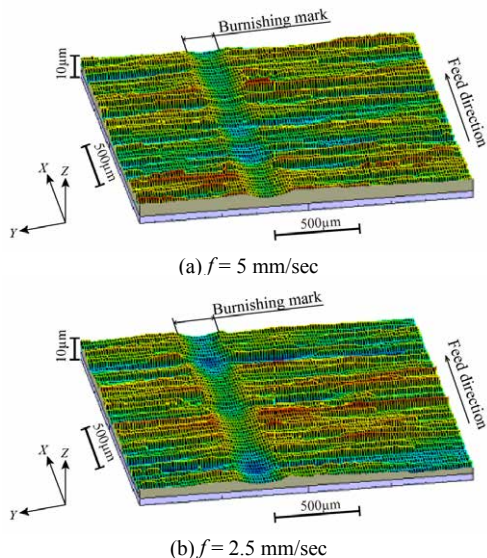


Fig. 5 Surface profiles ($v_s = 17$ m/min, $F_t = 100$ N)

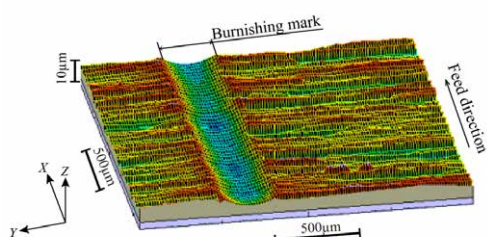


Fig. 6 Surface profile ($v_s = 17$ m/min, $f = 2.5$ mm/sec, $F_t = 200$ N)

り明らかにダイヤモンドチップ形状の転写性が向上し、研削痕の微小凹凸が十分に押しならされていることがわかる。この変化は、押付力の増加によるものであり、低速の送りと相まって十分な摺動作用を工作物表面に付与できていると考える。

3.4 工具回転が表面外観に及ぼす影響

図 7(a), (b) に $f = 10$ mm/sec, $F_t = 100$ N における $v_s = 0, 17$ m/min における加工痕周辺のレーザ顕微鏡観察結果を示す。図より、回転による摺動作用を付与した場合の (b) では、工具進行方向に沿った円弧上の加工痕が確認できる。(a) では、工具送りと直角方向に研削痕形状が明確に確認できるのに対し、(b) では、回転加工により (a) では残存している研削痕形状が押しならされ、より深部まで摺動作用を付与できているといえる。これは、加工痕の幅が増大していることからわかる。

3.5 表面層の組織観察

本加工法が表面層組織に及ぼす影響を検討するため、図 8(a), (b) に研削後の前加工面と $f = 10$ mm/sec, $F_t = 100$ N による加工痕表面層の組織観察結果を示す。図 8(b) の送り方向は画像奥から手前方向である。両図の組織形態に明らかな差異は認められず、提案する本加工後も表面層組織は変化しないといえる。本報では高硬度鋼を対象としており、表面層の材料流動による加工硬化は期待していないことから、表面形状のみに効果を限定した適用が可能であると考えられる。

4. 結言

- (1) 工具を回転させて摺動作用を付与することで、前加工面の微小凹凸の押しならし作用を増加させ、表面性状を向上させることができる。
- (2) 工具を回転させることで、送り速度による表面形状への影響が顕著に認められ、送り速度による表面形状の制御が可能となる。

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.

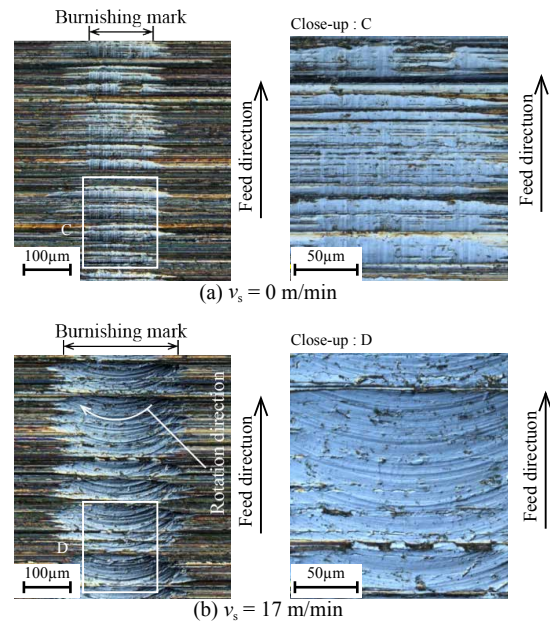


Fig. 7 Surface appearances around burnishing marks

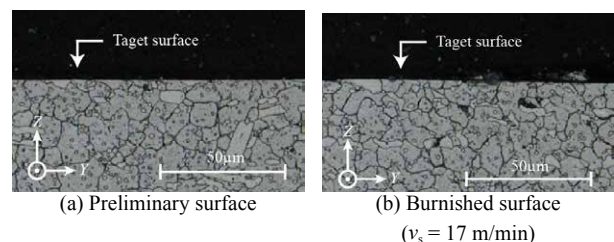


Fig. 8 Metallographic structure of preliminary and burnished surface layers ($v_s = 17$ m/min)