

ダイヤモンドバニシング工具による平滑面創製メカニズム解析と評価

上智大学理工学部 ○伊藤 裕矢, ◎田中 秀岳

要旨

バニシング加工は、工作物表面の微小な塑性変形により平滑面を創製する仕上げ加工であり、押込量と相関して被加工物の表面性状が変化し、実体部と空隙部の体積の関係に変化が生じる。本報では、バニシング加工による平滑面創製メカニズムを評価し、電気マイクロメータを用いた精密押込量変化実験に基づいて、バニシング工具の押込量と表面性状の変化の相関性を検討した。

1. 緒言

従来、機械加工における表面仕上げ加工では、仕上げ性能を重視する傾向が強く、評価基準もその観点から行われることが多かった。しかし、近年においては仕上げ性能に加え、工程集約化及び加工時間短縮などの生産効率の向上、加工屑における環境への負荷に対する要求も重視される傾向にある。現在これらの新たな要求を満たす加工方法として着目されているのが、本研究で対象としているバニシング加工である。¹⁾バニシング加工は、加工表面に塑性変形と表面改質を生じさせながら滑らかな仕上げ面を得る加工法である。しかし現状では、高硬度材料に対応したチップ式バニシング工具は、加工条件の設定の難しさから未だ一般的ではない。切削加工のように理論が確立されていないため、理論的に加工条件を設定することをできない。チップ式バニシング加工が一般的に使用されるためには、平滑面創製メカニズムを解明する必要がある。チップ式バニシング加工において押込量は重要な制御因子である。

本研究では、工具の押込量と表面性状の相関性を明らかにすることを目的とする。

2. バニシング工具

本研究ではダイヤモンドチップを用いたバニシング加工を行った。図1にチップ式バニシング加工の原理を示す。図1に示すように被加工物表面にダイヤモンドチップを押し付け、送りを与えることにより表面の塑性流動を利用して平滑な仕上げ面を得るものである。

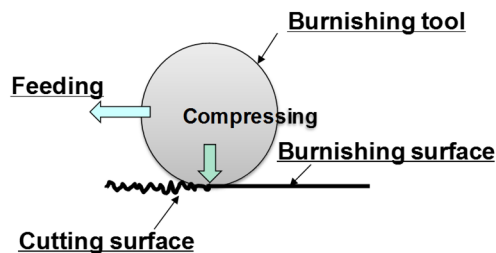


Fig.1 Principle of tip burnishing

3. ダイヤモンドチップ

図2はダイヤモンドチップの寸法及び外観を示している。バニシング加工を行うダイヤモンドチップは工具先端に単結晶ダイヤモンドを使用しており、R1.5の球状となっている。スローアウェイ式となっており、摩耗や破損が起きた際に部分的な交換が可能である。また、被加工物に対して斜めに押し付け、ダイヤモンドチップの接触を避けることで、ダイヤモンドの4面を使用することができる。

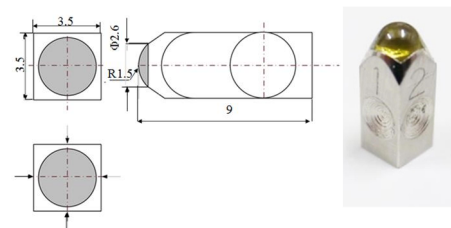


Fig.2 Dimensions of diamond tip

4. 形状変化量推定法

被加工物の微小な塑性変形を利用するバニシング加工は切削加工と比べ加工後の形状変化の予測が困難である。本研究では、JISで定義されている体積・容積パラメータ²⁾を利用して、形状変化量の推定を行った。³⁾

図3は、図4に示す被加工物に対しバニシング加工を行った切削加工部の表面を測定した断面曲線から体積・容積パラメータを利用して、実体部(V_m)=空隙部(V_v)となる高さを計算した結果を表した図である。このようにして得られた高さは切削部の実体部と空隙部の体積が一致する高さを示している。バニシング加工において実体部が押し均されて空隙部に埋まると考えると、この高さをバニシングによる寸法変化量と考えることができる。図3に示すように $V_m = V_v$ となる高さは、切削面における一番高い点から、 $4.45\mu\text{m}$ と推定された。図4から、 $4.4\mu\text{m}$ 寸法変化していることがわかり、概ね推定値と一致していることが確認できる。

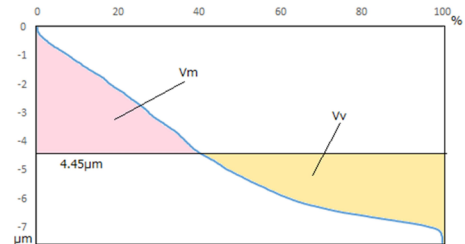


Fig.3 Volume Parameter

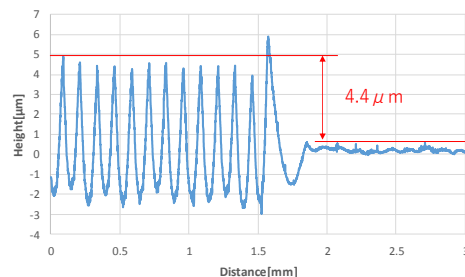


Fig.4 Profile of cutting surface and burnish surface

5. 精密押込量変化実験

5.1 実験概要

押込量を $2\mu\text{m}$ から $20\mu\text{m}$ まで $2\mu\text{m}$ 刻みで変化させバニシング加工を行う。電気マイクロメータを工具と固定し、工具の押込量及び工作物の円周振れを確認しながら実験を行うことで、精密に押込量を与えることが可能である。工作物は $\phi 50$ の A7075 を用いた。

5.2 実験手順

本実験における最小押込量は $2\mu\text{m}$ であり、被加工物の円周振れは $2\mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。切削痕の高さを確保し、円周振れが $2\mu\text{m}$ 以下となる条件を設定した。表 1 は切削加工の条件を、表 2 はバニシング加工条件を示す。この条件化で、切削加工後にバニシング加工を行い、被加工物の表面性状の変化を確認した。

Table.1 Cutting condition

Depth of cut[mm]	0.005
Feed rate[mm/rev]	0.126
Rotation speed[rpm]	636

Table.2 Burnishing condition

Workpiece No.	1	2	3	4	5	6
Feed rate[mm/rev]	0.126		0.061		0.030	
Depth of compressing [μm]	2~10	12~20	2~10	12~20	2~10	12~20
Rotation speed[rpm]	318					

5.3 実験結果

表 3 に切削面の表面粗さ及び寸法変化量推定値を示す。同じ条件化で切削加工を行ったが表 3 に示すように切削面表面粗さに差異が見られた。そのため被削材ごとに評価を行うこととした。

Table.3 Measured result of roughness and

Estimated of dimensional change

Workpiece No.	1	2	3	4	5	6
Ra [μm]	1.820	1.268	1.822	0.814	1.864	1.369
Rz [μm]	7.855	5.620	7.605	4.582	7.539	6.301
Estimate Dimensional change [μm]	4.5	3.7	4.7	2.9	4.6	3.8

図 5 に押込量と寸法変化量の関係を示す。図 5 より押込量が $10\mu\text{m}$ へ近づくと寸法変化量の実測値が推定値と近づいていくことがわかる。また、 $10\mu\text{m}$ を境に押込量を増やしていくと実測値と推定値の値が離れていく結果となった。押込量 $20\mu\text{m}$ において、送り量 f [mm/rev]=0.126 の場合は推定値と実測値の差が $2.3\mu\text{m}$ 、 $f=0.030$ の場合は推定値と実測値の差が $0.3\mu\text{m}$ であり、送りの違いにより推定値との乖離に差があることが確認できる。

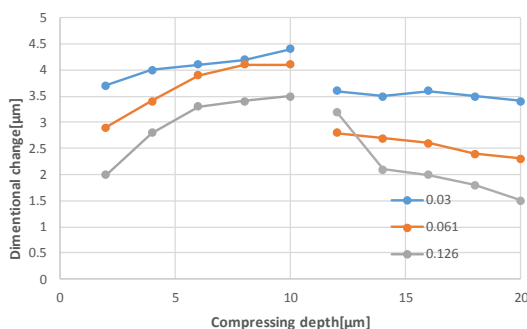


Fig.5 Relationship between compressing depth and dimensional change

図 6 に押込量と算術平均粗さ(Ra)の関係を示す。図 6 より 3 つの押込量において、押込量を増やしていくにつれ Ra の値が小さくなっていき、表面性状が向上していくことがわかる。押込量を増

やすにつれ Ra の値は小さくなり、ある押込量を境に横ばいする。

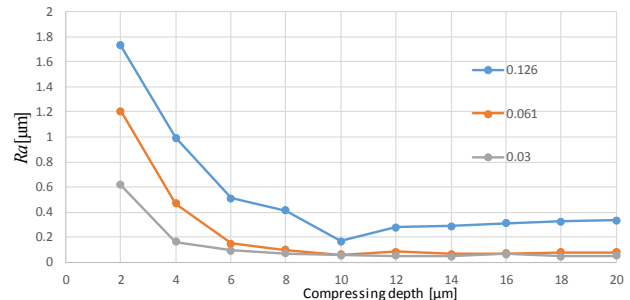


Fig.6 Relationship between compressing depth and Ra

図 7 に押込量と最大高さ粗さ(Rz)の関係を示す。図 7 より、3 つの押込量において押込量を増やすにつれ Rz の値が小さくなっていき、表面性状が向上していくことがわかる。

しかし、押込量 $10\mu\text{m}$ を境に、押込量を増やすにつれ Rz が悪化する傾向にあることがわかる。この Rz の悪化が、寸法変化における推測値と実測値の乖離に結びつくものと推測される。また、送りが小さいほど Rz の値が小さくなることを確認できる。

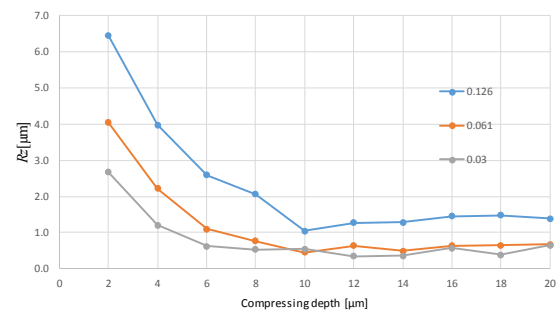


Fig.7 Relationship between compressing depth and Rz

6. 結言

- ・工作物及び工具、工作機械には弾性変形が生じるため、良好なバニシング面を得るためには、前処理切削加工以上に深く押し込まなければならない。
- ・バニシング加工時の送りを、切削加工時の送りの半分以下にすることで軸方向への塑性変形を促すことができる。
- ・実験結果から、バニシング加工には切削痕に対し最適な押込量があると考えられる。

■参考文献

- 1) 塩澤和章・二村優・西野精一・岡島英昭：A2014 の疲労強度特性に及ぼすスパロール加工の影響、日本機械学会力学部門講演会議文集、No.03-11(2003)、pp287。
- 2) JIS B 0671-2:2002 製品の幾何特性仕様(GPS)-表面性状：輪郭曲線方式；プラトー構造表面の特性評価－第 2 部：線形表現の負荷曲線による高さの特性評価
- 3) 田太博章・田中秀岳・柳和久・二村優：ダイヤモンドチップバニシング工具を用いた高硬度鋼材表面仕上げ加工に関する研究(第二報)、精密工学会学術講演会講演論文集、Vol2008S、2008、pp927。