

## ダイヤモンドチップバニシング加工の工具温度測定

金沢大学 ○新谷正義, ◎岡田将人, 長岡技術科学大学 田中秀岳, 金沢大学 浅川直紀

### 要旨

半球状のダイヤモンドチップ工具を工作物表面上で摺動させることにより、良好な表面性状と改質層の創成を目的とするダイヤモンドチップバニシング加工において、工具摩耗、仕上げ面性状に影響を及ぼす加工中の工具摺動部の温度測定を試みた。温度測定には非接触式の光ファイバ型2色温度計を用いて、円筒形状の工作物に光ファイバプローブを埋め込むことで、工具摺動部の温度測定に成功した。

### 1. 緒言

**1.1 研究背景** ダイヤモンドチップバニシング加工(以下、チップ加工)はダイヤモンドチップ(以下、チップ)を工作物上で摺動させることで、良好な表面性状の獲得と圧縮残留応力を有した硬化表面層の生成を目的とした仕上げ加工法である。本加工法において、工具摩耗、仕上げ面性状に影響を及ぼす加工中のチップ摺動部の温度特性は明らかになっていない。そこで本研究では、光ファイバ型2色温度計(以下、2色温度計)を用いて、チップ加工中の工具温度測定を試みるとともに、加工条件による影響を検討した。

**1.2 温度測定方法** 軸状工作物のチップ加工は、高速回転する工作物に対して、加工対象面にチップを押し付けながら工作物の回転軸方向に工具を送るため、旋削加工に類似した加工形態である。旋削加工における工具温度を測定する場合、熱電対を用いることが一般的である。しかしながら、チップ加工に熱電対法を用いる場合、以下の問題がある。

- (1) 工具が絶縁体材料であるため工具-工作物間で熱電対を形成できない。
- (2) 工作物に熱電対を埋め込む方法は、応答速度の観点で難しい。
- (3) 加工点が微小であるため接触式の熱電対法では温度場が乱れる。本研究では、これらの問題を解決するため高い応答速度を有する非接触式温度計である2色温度計を用いて、温度測定を試みた<sup>1)</sup>。本温度計は物体表面から放射される輻射エネルギーを2種類の赤外線検出素子に照射することにより表面温度の測定が可能であり、以下の諸特性を有している。
- (1) 非接触のため温度場を乱さない。
- (2) 光ファイバを用いるため微小範囲の測定が可能である。
- (3) 100kHz程度の応答速度を有する。
- (4) 感度波長帯の異なる種類の赤外線検出素子(InAs, InSb)を用い、その出力比をとることで輻射率の影響を無視できる。

### 2. 実験概要

**2.1 実験装置** 実験装置の模式図を図1に示す。本実験では円筒内面のチップ加工中の工具温度を測定するために、工作物に光ファイバを内蔵したプローブを装着し、チップがプローブ上を

通過したときのみチップから放射される赤外線がプローブ内の光ファイバ内に伝送されるように配置した。図2(a), (b)に示すように、チップ加工の進行過程で、工作物周方向において外側に固定された光ファイバと工作物とともに回転するプローブが同軸上に位置し、かつ送り方向においてチップがプローブ上を通過したときにチップから放射される赤外線がプローブと固定された光ファイバにより伝送され、温度計内の赤外線検出素子に照射されることで、2種類の電気的な出力波形を得る。工具本体部には、ばねが内蔵されており、ばねと圧と工作物への押込量により、チップと工作物間に作用させる荷重(以下、押込力)を任意に決定できる。また、工具には加速度ピックアップを固定し、チップがプローブ上を通過したときの微小振動を検出した。

**2.2 実験条件** 実験条件を表1に示す。チップ加工の加工特性は前加工面の影響を受けるため、前加工として旋削加工を行い、円筒内面の平均表面粗さ $Ra$ を約 $1.0\mu\text{m}$ で均一にした。工作物には熱処理を施したSUS420J2を用い、工作液を用いず乾式でチップ加工を行った。

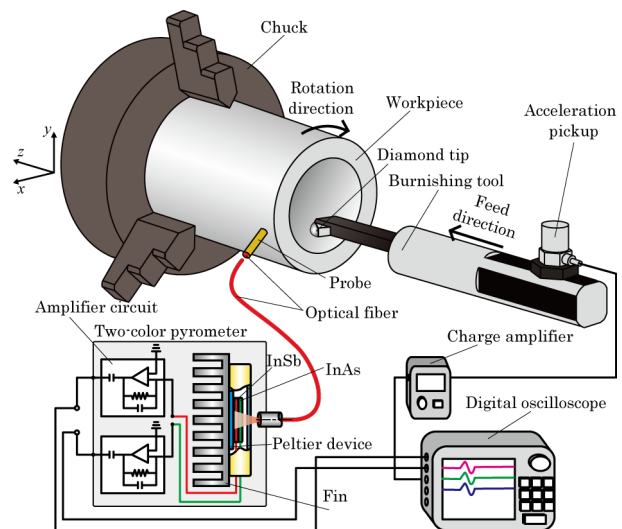


Fig.1 Experimental setup

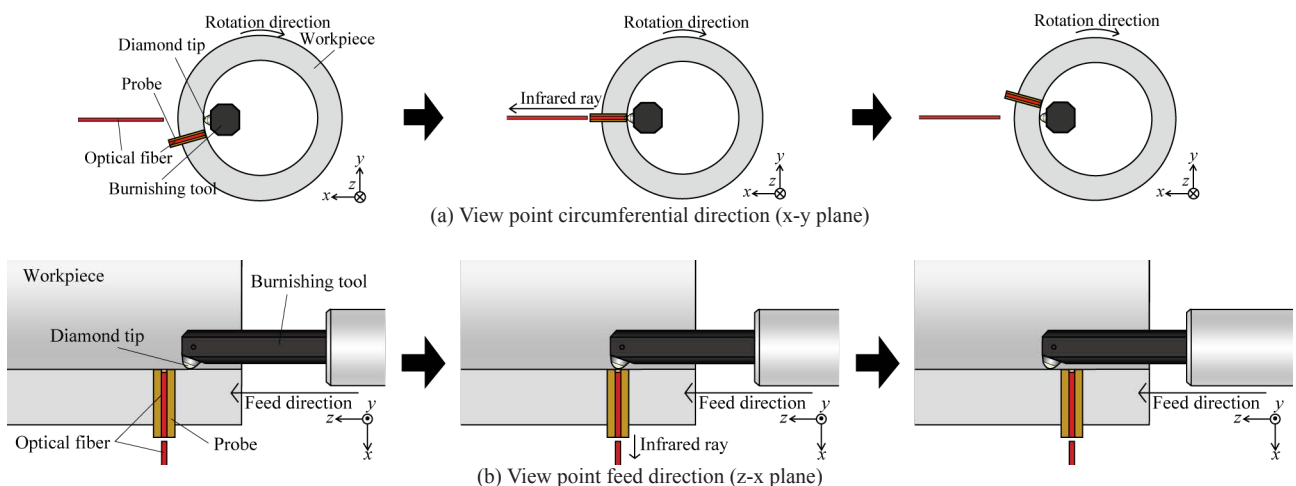


Fig.2 Positional relationship between infrared detecting area and burnishing tool

### 3. 実験結果と考察

**3.1 工具摩耗による影響** 工具温度が最も高温になると予想される  $v_b=200\text{m/min}$ ,  $F_r=180\text{N}$  においても工具摩耗が進行していない加工初期段階では、温度計からの出力波形を得ることができなかった。これは、工具温度が本温度計の測定可能な下限温度(=  $150^\circ\text{C}$ )よりも低いことに起因すると考えられる。また、加工の進行とともに温度計から出力波形が得られるようになった。加工初期と出力波形が得られるようになった時点におけるチップ摺動部の拡大画像を図3(a), (b)に示す。また、図4に図3(b)の摩耗痕の拡大画像を示す。図5に工具摩耗後に得られた温度計ならびに加速度ピックアップの出力波形を示す。また、加速度ピックアップからの出力が認められた  $\tau=3\text{-}12$  秒付近における工具温度を併せて示す。図より、加速度ピックアップの出力が認められる  $\tau=4.5\text{-}11.8$  秒の中央部 ( $\tau=6.4\text{-}8.3$  秒) 付近がプローブ上をチップが通過している領域と同定でき、チップ摺動部の中心付近が外縁部より温度が低い傾向が認められた。チップ摺動部の中心部と外縁部に温度差が認められたのは、図4に示すようにチップ摺動部は不均一な摩耗面を有しているため、工作物との接触圧が、微小なチップ摺動部内においても分布を有していると考えられる。

**3.2 加工条件による影響** 図3(b)に示す程度の摩耗が発生した工具を用いて、種々の加工条件による工具温度を測定した結果を図5に示す。温度は摺動部における最高点付近の温度5点の平均値を示している。図5より、周速度、押込力の両者の増加に対し工具温度が上昇する傾向が得られた。周速度、押込力はそれぞれ、チップ摺動部の工作物との摺動速度、接触圧に支配的な条件であり、本測定法により定性的な傾向に依った測定結果が得られたといえる。

### 4. 結言

光ファイバ型2色温度計を用いたチップ加工の工具温度測定を行い、以下の結論を得た。

- (1) 光ファイバ型2色温度計を用いてチップ加工中の工具温度を測定することができた。
- (2) 工具温度はチップの摩耗の進行とともに上昇する。
- (3) 工具温度は周速度、押込力の両者の増加に対し上昇する。

#### 謝辞

本研究の遂行にあたり(株)スギノマシンより多大な御助言をいただきましたことを、ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 細川晃, 岡田将人, 上田隆司: エンドミル加工における工具温度モニタリング用小型2色温度計の開発, 日本設備管理学会誌, 18(1), pp.42-45 (2006).

Table1 Experimental conditions

Workpiece		SUS420J2(hardened)
Rockwell hardness	[HRC]	53
Inner diameter $d_i$	[mm]	100-105
Preliminary roughness $R_a$	[ $\mu\text{m}$ ]	Approx.1.0
Circumferential speed $v_b$	[m/min]	100, 150, 200
Feed rate $f$	[mm/rev]	0.05
Compression force $F_r$	[N]	90, 140, 180
Machining liquid		Dry

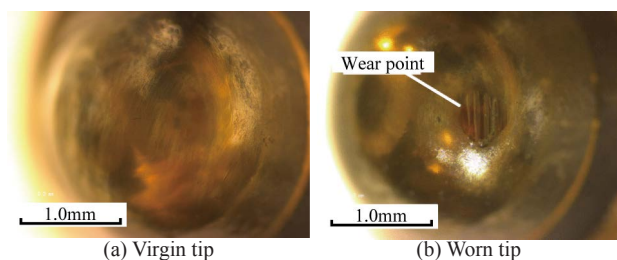


Fig.3 Appearances of virgin and worn diamond tip

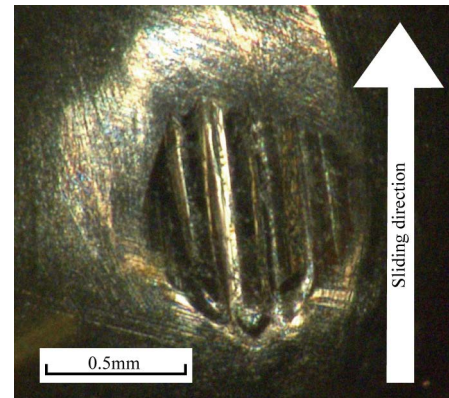


Fig.4 Enlarged view of wear point

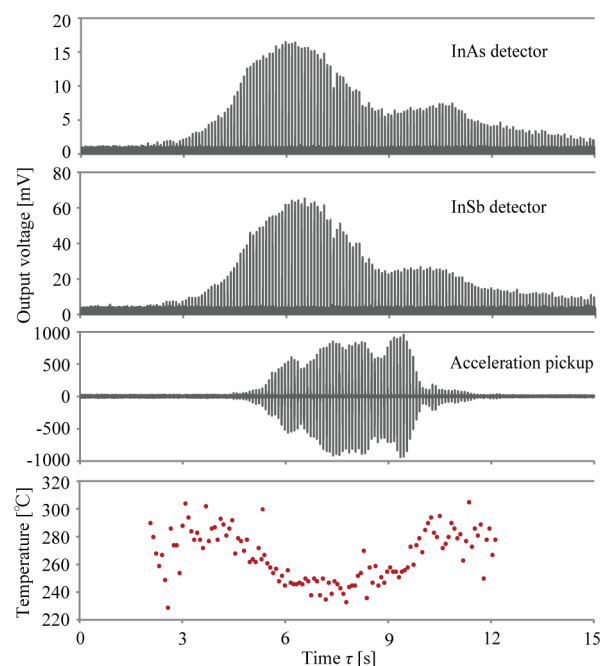


Fig.5 Output waveform and tool temperature

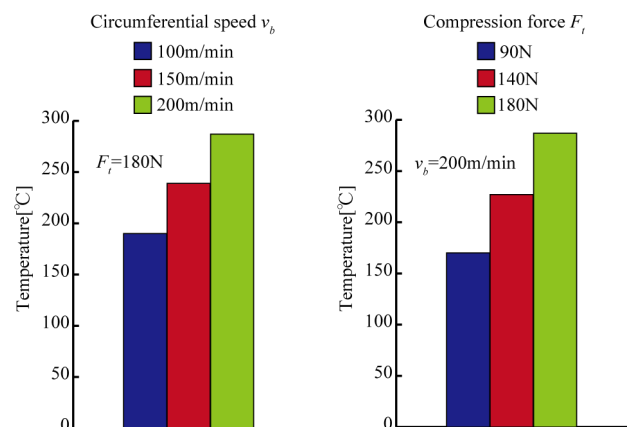


Fig.6 Influence of burnishing conditions on tool temperature