

3次元単結晶ダイヤモンドバイトの刃先温度測定

著者	佐藤 昌彦, 竹田 陽一, 上田 隆司
雑誌名	精密工学会誌 = Journal of the Japan Society of Precision Engineering
巻号	64
ページ	7
発行年	1088-1089
URL	1998-01-01
URL	http://hdl.handle.net/2297/38852

3次元単結晶ダイヤモンドバイトの刃先温度測定*

佐藤昌彦** 竹田陽一*** 上田隆司†

Key words : single crystal diamond, ultra precision turning, cutting temperature, temperature measurement, two color pyrometer

1. 緒言

ダイヤモンド工具は、高い精度が要求される精密部品の仕上げ加工に対して主に使用されている。このような製品の加工において、切削熱による被削材および工具の温度上昇は、仕上げ面精度の低下や工具摩耗の原因となるため、切削による温度上昇を予測し抑制することは極めて重要である。ところが、ダイヤモンドは電気絶縁体かつ高硬度であり、しかも切込みが微小であることから、工具刃先温度の測定は極めて困難である。

筆者らは既報において、実験と理論の両面から工具刃先温度について検討してきた。すなわち、赤外線に対するダイヤモンドの透光性を利用し、切削中に工具-切りくず接触面から放射されて工具内を透過してきた赤外線を工具裏面から検出することによって、すくい面温度を測定している。また、すくい面の温度分布を有限要素法を用いて計算し、実験結果と解析結果からすくい面上の最高温度を求めている。その際、有限要素法を適用するために、モデル化の容易な加工状態を作り出す必要から2次元切削を行っている。ダイヤモンドバイトも試作しており、直方体の単結晶ダイヤモンドをシャンクに固定する方法をとっているため、逃げ角を設定するためにはすくい角が負となり、実作業で用いられているダイヤモンドバイトとは条件が少し異なっている。

そこで本報では、既報において十分な精度で測定可能と分かった温度測定法を、3次元切削状態にあるダイヤモンドバイトのすくい面温度の測定に適用してみるとともに、既報の2次元切削で得られた結果とも比較してみた。

2. 実験方法

表1に実験条件を、図1にダイヤモンドチップの工具形状を示す。前報の2次元切削ではすくい角を -5° としたが、本研究では実作業で用いられるダイヤモンドバイトを用いており、すくい角が 0° となっている。刃先は天然単結晶ダイヤモンドで、チップにろう付けされている。ノーズ半径は 0.8mm で、2次元切削の直線切れ刃と大きく異なっている。被削材には純アルミニウムと無酸素銅を用いており、切込み量と切削速度を変化させている。

切削抵抗は圧電型動力計によって工具に作用する力を測定している。送りは切削条痕が重ならないように大きくしているが、回転速度に比べて送り速度は十分小さく、作用する切削抵抗として主分力と背分力の2分力を扱えば十分である。

温度計の基本構成を図2に示す。温度測定対象が温度計の測

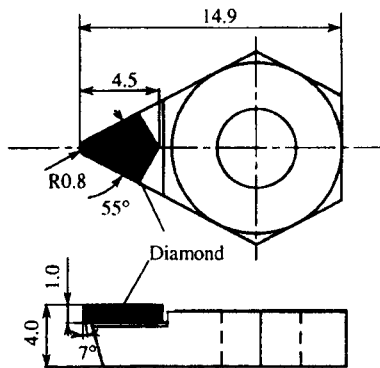


Fig. 1 Tip geometry

Cutting tool	Single crystal diamond
Rake angle	0°
Clearance angle	7°
Nose radius	0.8mm
Workpiece	Aluminum, Copper
Depth of cut	0.01 - 0.04 mm
Cutting speed	305 - 920 m/min
Feed	26.3 mm/s (5.26 - 1.75 mm/rev)
Dry cutting	

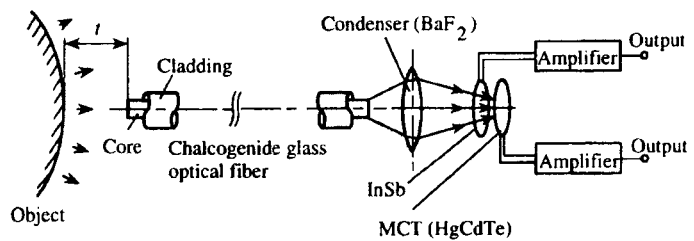


Fig. 2 Fundamental structure of two color pyrometer

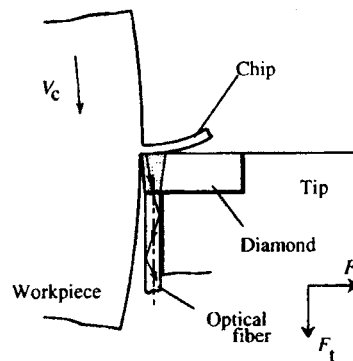


Fig. 3 Illustration of cutting

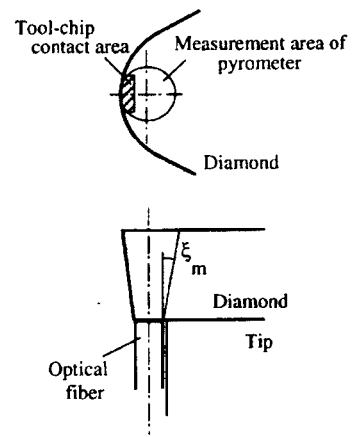


Fig. 4 Measurement area of pyrometer (Depth of cut : $30\mu\text{m}$)

* 原稿受付 平成10年4月30日
 ** 正会員 富山県立大学工学部 (富山県射水郡小杉町黒河5180)
 *** 三協アルミニウム工業(株) (高岡市早川70番地)
 † 正会員 金沢大学工学部 (金沢市小立野2-40-20)

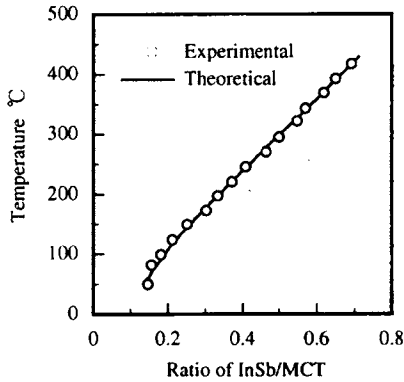


Fig.5 Calibration curve of InSb/MCT pyrometer

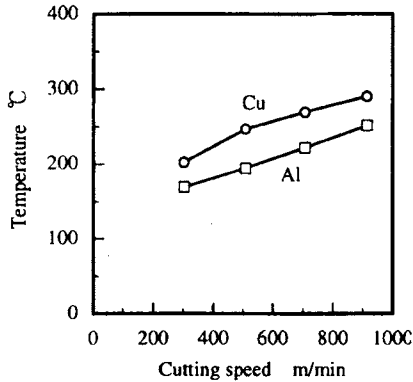


Fig.7 Variation of rake face temperature with cutting speed
Depth of cut : 30 μ m

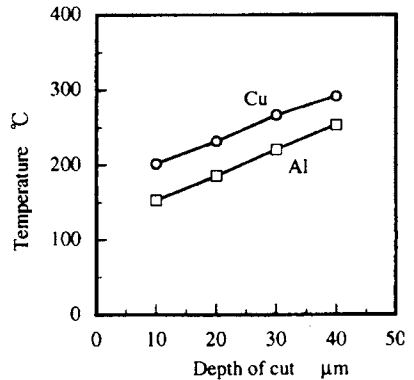
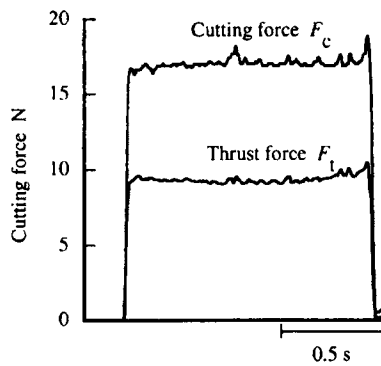
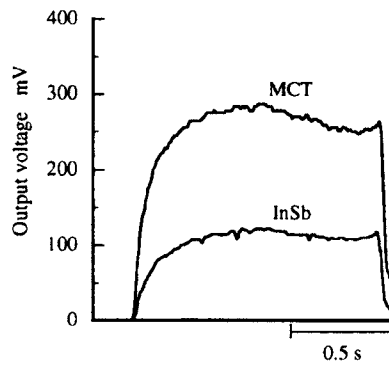


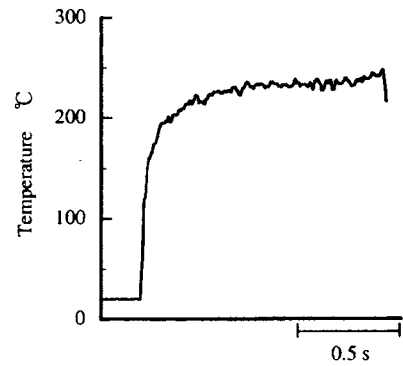
Fig.8 Variation of rake face temperature with depth of cut
Cutting speed : 710m/min



(a) Output of dynamometer



(b) Output of pyrometer



(c) Temperature history

Fig.6 Output wave

Workpiece : Cu, Cutting speed : 510 m/min, Depth of cut : 30 μ m, Feed : 3.16mm/rev

定領域よりも小さいことから、2色温度計を用いている。測定対象面から放射された赤外線は光ファイバによって受光、伝送され、集光レンズを介して赤外線検出素子に導かれて電気信号に変換される。温度測定系は既報と同様である。

図3に切削状態を示す。光ファイバをセットするため、チップ端部をわずかに除去している。切削中に工具すくい面と接触状態にある切りくずから放射された赤外線は、ダイヤモンド内を透過した後、光ファイバで受光され、温度計に導かれる。図4に刃先温度測定状態を示す。光ファイバの受光面はダイヤモンド表面に密着した状態にある。このとき、工具すくい面における温度計の測定領域は、ダイヤモンドの屈折率($n=2.42$)を考慮すると図のようになり、切りくず接触領域より大きくなる。しかし、既報で確認したように、すくい面上の温度勾配は小さく、また、温度分布の影響を大きく受けない2色温度計の特性より、測定温度と最高温度との差はわずか2%程度である。温度分布を求めることによりこの差をなくすることも可能であるが、ここでは測定値をそのまま用いることにする。

図5に温度計の校正曲線を示す。

3. 実験結果

銅を、切削速度510m/min、切込み30 μ mで切削した際の測定波形を図6(a)~(c)に示す。図6(a)は切削抵抗の2分力で、図6(b)はInSb、MCTからの出力、図6(c)は図6(b)の出力比を求め、温度に換算したものである。図より、工具刃先温度は約

230 $^{\circ}$ Cとなっていることが分かる。

図7に、AlとCuの場合における切削速度と測定温度の関係を示す。同図より、切削速度の増加とともに刃先温度は増加し、Cuの場合、920m/minではおよそ300 $^{\circ}$ Cに達している。また、図8より、切込みが増加するにつれて刃先温度は増加している。これらの結果を既報の2次元切削の結果と比較すると、切削速度710m/min、切込み10 μ mにおいて、既報ではCuで約220 $^{\circ}$ C、Alで約200 $^{\circ}$ Cであるのに対し、本報ではそれぞれ200 $^{\circ}$ C、155 $^{\circ}$ Cと、20~45 $^{\circ}$ C程度低くなっている。本報ではすくい角が大きいこと、切れ刃コーナ部での切削であるために切削幅が小さく熱が拡散しやすいこと、切り取り厚さが刃先中心に比べて端部では小さいことなどが主たる原因と考えられる。しかし、両者の差は小さく、既報の取扱いが十分であるといえる。

4. 結 言

赤外線に対するダイヤモンドの透光性を利用してすくい面温度を測定する方法を、実作業に使われているダイヤモンドバイトに適用した。その結果、切削速度や切込み量の増加とともに刃先温度は増加し、切削速度710m/min、切込み10 μ mにおいて、Cuで約200 $^{\circ}$ C、Alで約150 $^{\circ}$ Cとなった。

参 考 文 献

- 1) 佐藤昌彦, 上田隆司, 西田昌弘: 単結晶ダイヤモンド2次元切削における工具すくい面温度の測定, 精密工学会誌, 64, 6 (1998) 892.