

厚膜 CVD ダイヤモンド切削工具による超硬合金の切削 — 切削面特性に及ぼす工具すくい角の影響 —

北見工業大学 ○幸村祐二郎, 田牧純一, 久保明彦, 杉野 豪

要 旨

バインドレスを特徴とする厚膜 CVD 多結晶ダイヤモンドを用いた切削工具を試作して超硬合金円板の正面切削を行い、仕上面粗さ、工具摩耗に及ぼす工具すくい角の影響を検討した。その結果、工具すくい角が -30° の場合に工具すくい面摩耗および逃げ面摩耗が最小となり良好な仕上面を得ることができた。

1. はじめに

近年の情報通信機器の小型化、モバイル化に伴い高精度マイクロ加工への要求が急速に高まっている。超硬合金(WC)金型を用いた精密塑性加工はマイクロ加工を支える基盤技術の一つであり、高精度な微細加工が要求されている。超硬合金は難削材であるためその加工は主に研削によって行われているが、金型が微細形状の場合、研削ホイールの微細ツルーイング技術などを必要とし、加工形状精度の維持が難しい。その問題を解決するために、切削加工で代替しようとする試みがなされている。しかしながら、ダイヤモンドバイトを用いた切削加工には工具摩耗の問題があり、これを解決しなければ生産コストを削減することができない。

本研究の目的は、従来、超硬合金の切削に用いられている焼結多結晶ダイヤモンド(PCD)バイトなどに代わるものとしてバインドレスを特徴とする厚膜 CVD 多結晶ダイヤモンドバイトを試作し、その切削性能を検討することにある。これまでの研究¹⁾により、水溶性切削油剤を使用し低切削速度を適用することによって $Ra = 100 \text{ nm}$ 以下の仕上面を生成することが明らかとなっている。本報告では直線切れ刃を有する平バイトを新たに作成し、工具摩耗に及ぼすすくい角の影響を実験的に検討した。

2. 実験方法および実験条件

工作機械にはCNC旋盤を使用し、K10種超硬合金円板の正面切削実験を行った。図1に厚膜CVDダイヤモンドバイトの形状を示す。厚膜CVDダイヤモンドとして物性値の異なる3種類が市場に供給されているが、その中で耐摩耗性が最も優れているCDDを選択し、切れ刃幅 0.8 mm 、逃げ角 3° の平バイトを試作した。なお、試作した平バイトの場合、CVDダイヤモンド結晶はバイト切込み方向に対して直角方向に成長している。実験装置の概要を図2に示し、バイトと工作物の配置関係を図3に示す。作成したバイト自体のすくい角は $\alpha = 0^\circ$ であるが、バイトを傾斜台に取り付けること

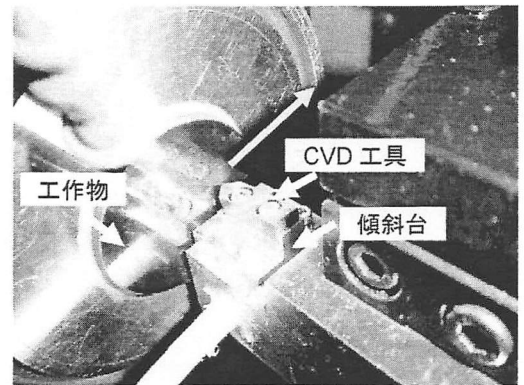


図2 実験装置

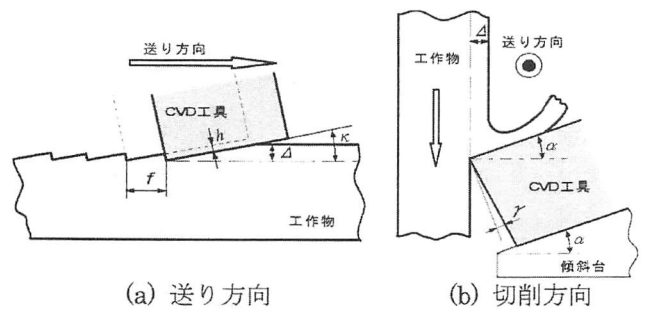


図3 切削方法

表1 切削条件

切削工具	厚膜 CVD ダイヤモンド エレメントシックス CDD L400808 寸法 $\square 0.8 \text{ mm}, L 4 \text{ mm}$
工作物	超硬合金 (K10 種) $\phi 50 \times 5 \text{ mm}$
工具諸元	平バイト (刃先角 90°) 切れ刃角 $\kappa = 2^\circ$, 逃げ角 $\gamma = 3^\circ$ すくい角 $\alpha = 0^\circ, -5^\circ, -10^\circ, -15^\circ, -20^\circ, -30^\circ, -40^\circ$
切削条件	CNC 旋盤 (OKUMA LB10T-V8) 出力 5.5 kW , 最小設定切込み量 $1 \mu\text{m}$ 切削方式 正面切削 工作物回転数 $N = 200 \text{ rpm}$ 送り速度 $f = 10 \mu\text{m/rev}$ (切り取り厚さ $h = 350 \text{ nm}$) 切込み量 $\Delta = 2 \mu\text{m}$ (接触長さ $L = 57 \mu\text{m}$) 切削油剤 水溶性切削液

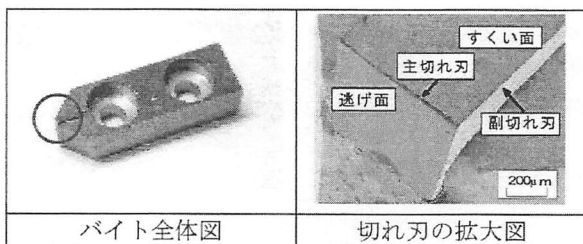


図1 CVD ダイヤモンド工具

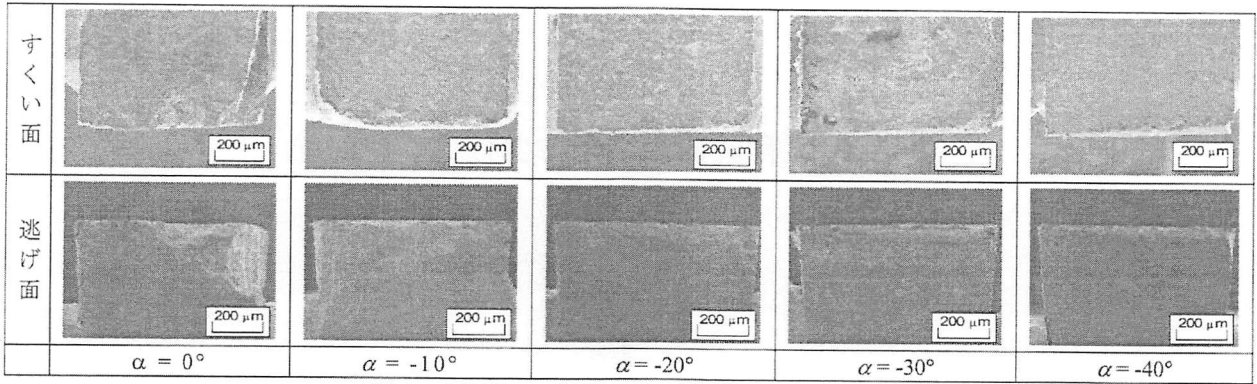


図4 切削後の工具面 SEM 画像 ($\Sigma \Delta = 40 \mu\text{m}$)

より実際のすくい角を $\alpha = 0^\circ$ から $\alpha = -40^\circ$ に変化させた。その他の実験条件を表1に示す。切り取り厚さは $h = 350 \text{ nm}$ 、工作物との幾何学的接触長さは $L = 57 \mu\text{m}$ である。

3. 実験結果

総切込量 $\Sigma \Delta = 40 \mu\text{m}$ まで切削した後の工具の逃げ面とすくい面を SEM で観察した写真を図4に示す。なお、図1に示す主切れ刃と副切れ刃を直線切れ刃部、主切れ刃と副切れ刃の交点を切れ刃エッジ部と定義する。逃げ面の観察写真上でバイトは左側に送り速度 f で移動し、右側の切れ刃エッジ部で工作物と接触を開始する。 $\alpha = 0^\circ$ の場合、右側の切れ刃エッジ部に大破砕が発生し、破砕領域は後方の副切れ刃まで達している。切れ刃エッジ部の破砕は負のすくい角 α を増加することによってその発生が抑制されている。なお、破砕面を詳細に観察することにより、脆性破壊に伴う亀裂が CVD 結晶成長面に沿って進展し、それがきっかけとなって大破砕をもたらしていることがわかった。次に、直線切れ刃部に注目すると微細な剥離破砕が多数発生していた。

図5は、逃げ面摩耗面積とすくい面摩耗面積をすくい角に対してそれぞれプロットした結果である。摩耗面積を測定する際には、図4の SEM 観察で確認された切れ刃エッジ部の破砕領域と直線切れ刃部の微細剥離破砕領域を合わせて摩耗面積と定義した。両者の摩耗面積とも負のすくい角の増加とともに徐々に減少し、 $\alpha = -30^\circ$ の地点で最小値をとり、その後増加することがわかる。なお、すくい角 α の増加によって工具摩耗が大きく改善されるのは切れ刃エッジ部の破砕および直線切れ刃部の微細剥離破砕が抑制されるためである。

図6は、総切込み量 $\Sigma \Delta = 40 \mu\text{m}$ まで切削した後の工作物半径方向の中心線平均粗さ Ra をすくい角に対してプロットした結果である。負のすくい角の増加とともに仕上面粗さは向上し、 $\alpha = -30^\circ$ の地点で最小値をとり、その後再び増加している。この結果は図5に示した工具摩耗の結果と一致しており、工具摩耗が仕上面粗さを劣化させていることがわかる。

図7は総切込み量 $\Sigma \Delta = 40 \mu\text{m}$ まで切削を行った後の加工面を SEM で観察した写真である。写真においてバイトは横方向に進行している。(a)に示すように良好な仕上面の場合には、個々の WC 粒子が延性加工モードで切削されていたが、仕上面粗さが良くない場合には、(b)に示すように WC 粒子の脱落が観察された。なお、超硬合金を構成している WC 粒子のサイズはおおよそ $2 \mu\text{m}$ である。

4. まとめ

厚膜 CVD ダイヤモンドで平バイトを試作し、すくい角を変え

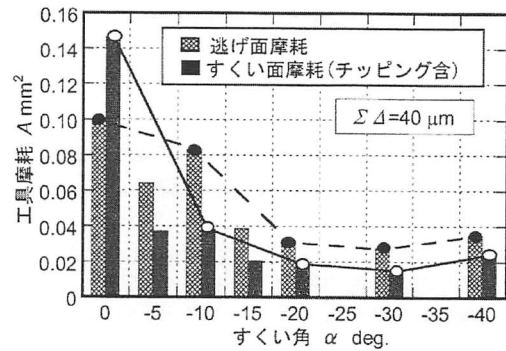


図5 工具摩耗に及ぼすすくい角の影響

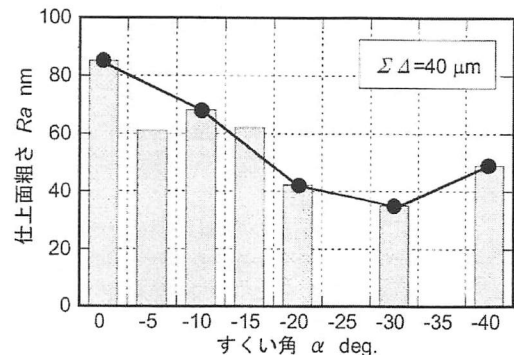


図6 仕上面粗さに及ぼすすくい角の影響

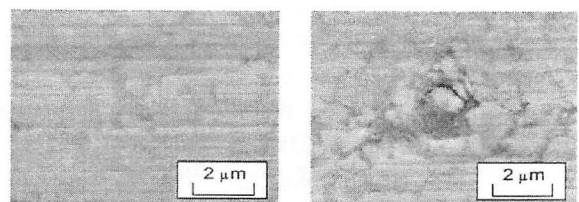


図7 切削後の超硬表面 SEM 画像 ($\Sigma \Delta = 40 \mu\text{m}$)

て超硬合金 K10 種の切削実験を行った。その結果、すくい角を $\alpha = -30^\circ$ にすることによって切れ刃エッジ部の破砕および直線切れ刃部の微細剥離破砕を抑制でき、良好な仕上面を得られることがわかった。

参考文献

- 1) 久保明彦, 田牧純一, 閻紀旺, 成田潔, 白藤芳則: 厚膜 CVD ダイヤモンド工具による超硬合金の精密切削, 2004 年度砥粒加工学会学術講演会論文集, (2003)419