

## 6 ダイヤモンドコーティング工具の開発（第2報）

本多正英，縄雅典生，山本 晃，筒本隆博

### Development of diamond coated cutting tool

HONDA Masahide, NAWACHI Norio, YAMAMOTO Akira and TSUTSUMOTO Takahiro

Diamond is the hardest material on the earth, and single crystalline diamond and sintered diamond cutting tool were used in precision processing and difficult processing materials. Natural and synthesized diamond are expensive, and its industrial applications were limited. The diamond film can be synthesized in low cost by chemical vapor deposition. But normally synthesized diamond film shows a rough surface, which causes the main problem to use for the cutting tool. In this paper, methane concentration of reaction gas and time of deposition, were varied in order to get various surface of diamond coated cutting tool. And they were tested to investigate the performance of cutting tool of wood.

キーワード：ダイヤモンド，気相合成，平滑，切削工具，木材加工

### 1 緒 言

ダイヤモンドは地球上に存在する物質の中で最も硬く、高い熱伝導率など優れた特徴を有することから、切削工具として広く用いられている。単結晶ダイヤモンドを用いた切削工具は鏡面加工などの精密加工に用いられる。

また高圧合成ダイヤモンドの粉末をコバルト等のバインダで固めた焼結ダイヤモンド工具は、広く難削材等の切削加工に用いられている。しかし、こうしたダイヤモンド工具は天然、若しくは高温高压下で製造されるため、高価であり、焼結ダイヤモンド工具については、バインダを用いているために耐食性に欠けるという問題があった。

ダイヤモンドの気相合成技術が1981年に開発されて以来、安価に合成のできる気相合成ダイヤモンドを切削工具に適用しようとする研究が続けられてきた<sup>1) -2)</sup>。しかし、ダイヤモンド薄膜の密着性、表面の平滑性などの問題がある。現在に至るまで、気相合成によりコーティングされたダイヤモンド工具は、一部の切削用のドリルに限られているのが現状である。本研究はこうした課題を解決し、安価で高性能なダイヤモンドコーティング工具を実現することを目標としている。昨年度はダイヤモンド薄膜の平滑化について検討した<sup>3)</sup>が、今年度は木材切削加工用の超硬チップにダイヤモンド平滑膜を施して木材切削実験を行い、工具としての評価を行った。

### 2 実験方法

#### 2.1 ダイヤモンドコーティング

ダイヤモンドコーティングを施す工具として図1に示す木材切削用超硬チップ（兼房：エース替刃121）を用いた。前処理として、村上試薬による処理及び過酸化水素水と硫酸による表面処理<sup>4)</sup>を行った後、ダイヤモンドパウダーを用いて傷つけ処理を行った。

ダイヤモンドの合成は熱フィラメントCVD装置を用いて行った。装置の外観を図2に示す。中央の真空チャンバーの内部にフィラメント及び基板を図3のように配置し、メタンと水素の混合ガスを反応させてダイヤモンドを合成する。

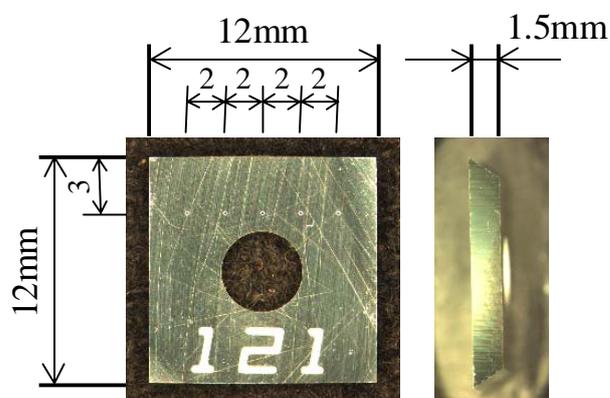


図1 超硬チップ



図2 熱フィラメントCVD装置



図3 真空チャンバー内部

表1 ダイヤモンドの合成条件

基板温度	900℃
フィラメント温度	約2500℃
フィラメントー基板距離	5 mm
反応ガス	H <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub> 混合ガス
CH <sub>4</sub> %	5 ~ 7%
ガス流量	300 SCCM
ガス圧力	4 kPa
合成時間	60~165分

次にダイヤモンド薄膜の合成条件を表1に示す。反応ガスのメタン濃度を5~7%まで変えて合成を行うとともに、合成時間を変えて膜質、膜厚を制御した。合成したダイヤモンド薄膜は走査電子顕微鏡 (SEM) で観察した。

## 2.2 木材切削試験

図4に示す単軸面取り盤 (庄田鉄工: SM-123) に自動送り装置 (池谷製作所: INR4-Z) を装備した試験機を用い、フライスカッター (刃数: 4枚) に、1枚の加工用チップ (サンプル) と切削に関与しない3枚のバランス用チップを取り付けて被削材をフライス加工した。被削材は合板とした。切削条件を表2に示す。

この切削条件で被削材をフライス加工し、所定の切削材長ごとに切削消費電力を求めるとともに、切削終了後



図4 単軸面取り盤

表2 木材切削試験の加工条件

主軸回転数	5000 rpm
切削速度	26.2 m/s
切込み深さ	2 mm
送り速度	4 m/min
1回転あたり送り量	0.8 mm/rev

に4種類のチップの刃先後退量を測定した。

切削中の消費電力はワットメータ (横河電機: WT-130) を用いて測定した。消費電力に比例した直流出力電圧をAD変換して、パソコン上に取り込み、切削中の消費電力の平均値と空転中の消費電力の平均値の差から切削消費電力を求めた。

刃先後退量はチップの切れ刃上の5点で、切れ刃に対して直角方向の後退量 (摩耗量) を工具顕微鏡 (最小目盛10μm) により測定した。なお、刃先後退量を測定するため、あらかじめすくい面上の特定位置5箇所、ピッカース硬さ計により圧根を打った。(図1参照)

## 3 実験結果と考察

### 3.1 メタン濃度、合成時間と膜質の関係

メタン濃度、合成時間を変えて表3のB~Dに示すダイヤモンドコーティング工具を作成した。これらの工具のすくい面上、刃先付近のSEM像を図5に示す。Aはコーティング前の超硬チップで、表面は平滑である。材質はWC-Coである。Bはメタン濃度5%で1h合成したものである。自形を持った多結晶のダイヤモンドが見られる。Cは同じくメタン濃度5%で2.75h合成したものの

表3 供試工具

記号	種別	膜質, 膜厚
A	ノンコーティング	-
B	ダイヤモンドコーティング	自形膜, 6.5 μm
C	ダイヤモンドコーティング	自形膜, 20 μm
D	ダイヤモンドコーティング	平滑膜, 10 μm

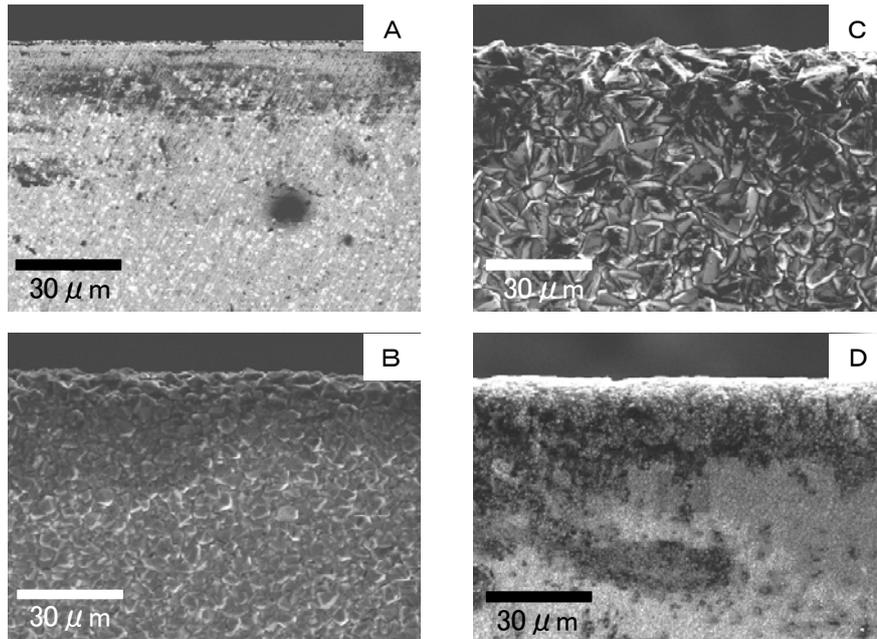


図5 供試工具の表面状態

である。Bと同様に自形を持った多結晶ダイヤモンドが見られるが、Bと比べると結晶のサイズが粒成長により大きくなっている。Dはメタン濃度7%で1.25h合成したものである。多結晶ダイヤモンドの粒径は小さくなり、自形が失われて平滑な膜になっている。

### 3.2 木材切削実験

木材切削加工実験後の工具刃先のSEM像を図6に示す。Aのノンコーティングの刃先は木材切削を行うことにより、刃先が大きく摩耗した。SEM像ではすくい面が長さ約0.1mmにわたって大きく摩耗しているのがわかる。ま

た、刃先も切削前は非常に鋭利であったが、切削後は摩耗により丸みをおびてくる。

Bのダイヤモンド自形膜を薄く付けたものは刃先先端のダイヤモンド膜が剥離してしまっているが、Cのダイヤモンド自形膜を厚く付けたものは剥離が生じていない。ダイヤモンドが高弾性率であるため、切削加工中に刃先にかかる衝撃のほとんどが薄膜部分に集中する。このため、膜が薄いと切削時の衝撃に耐えきれず、膜は破損して剥離が生ずるものと考えられる。

Dのダイヤモンド平滑膜を付けたものは、膜厚がそれ

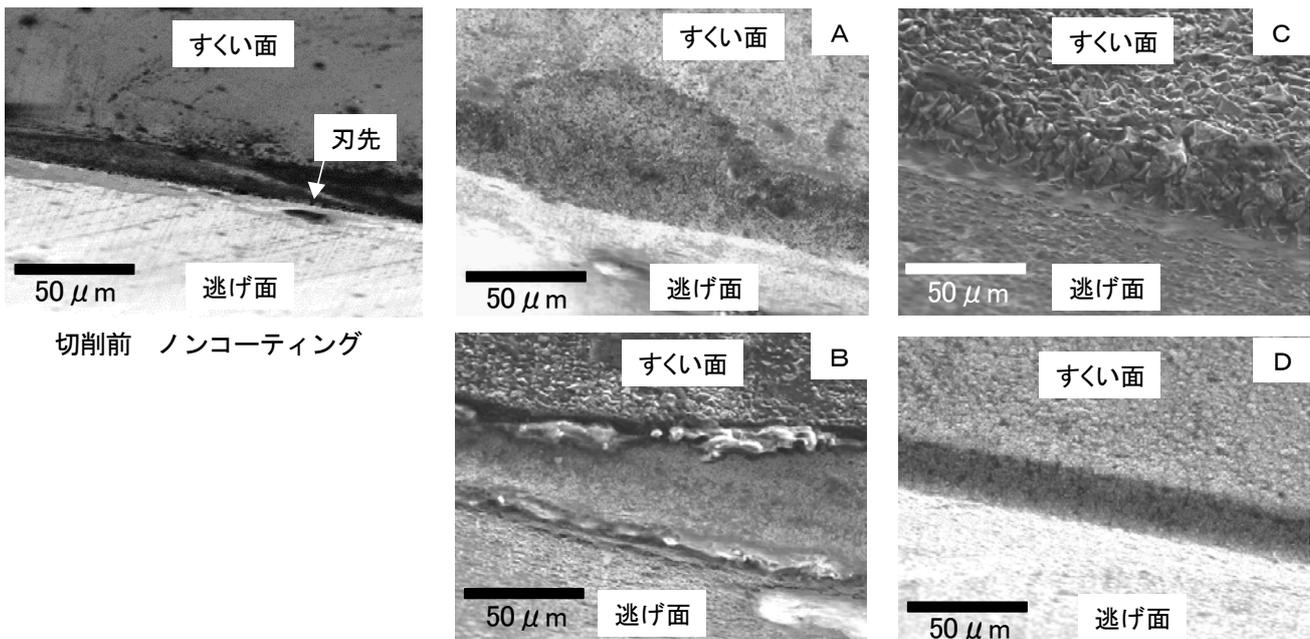


図6 木材切削試験後の刃先の状態