

TiroTool 社 CVD ダイヤモンドインサートによる加工事例

ツールドインターナショナル(株) 大藪 誠 (Makoto Oyabu)*1、鈴木 遼子 (Ryoko Suzuki)*2

*1 代表取締役、*2 広報 PR 〒156-0055 東京都世田谷区船橋 1-30-3 TEL 03-3427-7937

1. はじめに

(1) 軽量化、高能率化、高精度化、材料の多様化・難削化という背景

近年、航空機や自動車関連業界において軽量化に伴う被削材として、アルミはもちろん CFRP をはじめとした複合材など、軽く、かつ強度が高い新素材が注目されており、将来的にもその傾向はますます加速していくのではないかと考えられている (図 1)。

しかしながら、同時にこれらの素材は加工が難しく難削材としての問題点も抱えている。例えばアルミニウム合金は、その性質として延性が大きく、切りくずが分断されにくいという点がある。さらに溶融点も低いため、その切りくずが溶着し、バリが発生しやすくなる。

また、シリコン含有量の多いアルミニウム合金においては、内部に含まれるシリコンが工具摩耗を加速させるという難点などがあげられ、実際の加工現場では日々、大変な努力が行われている。こうした点を踏まえ、加工時間、刃具寿命、作業にかかる人の経費など、トータルでかかる加工コストを現実的なものにするためにも、さらなる高能率化は不可欠であると考えます。

本稿では、こうした被削材の加工に適した TiroTool 社製 3 次元ブレーカ付 CVD ダイヤモンド工具について、PCD との比較および加工事例などを用いて紹介する。

(2) ダイヤモンド工具の適用分野

非常に硬度が高く、耐摩耗性にも優れているこ

とで知られるダイヤモンド工具は、加工面の精度や刃具寿命の点で優れた効果を発揮する。自動車産業や精密機器をはじめとする分野で、一般的にはアルミニウム合金、銅合金などの非鉄金属材料やプラスチック、ガラス、木材、セラミックスなどの非金属材料を加工する際に多く用いられている。工具としての寿命が長いという利点だけではなく、加工条件を上げた高速加工、高能率加工が可能となる他、面粗さの向上にもつながるため、精度が重視される加工にとっては欠かせない工具であるともいえる。

ダイヤモンドには天然のものと人工合成によるものの 2 種類があり、人工合成によるものとして高温高压法により製造される多結晶ダイヤモンドの PCD (Poly Crystalline Diamond) が一般に多く知られている。

TiroTool 社では、この PCD はもちろん、その他に CVD ダイヤモンドを材料とした工具を取り扱っており、その特性と利点について、次項で説明する。

2. CVD ダイヤモンドとは

CVD ダイヤモンドとは、CVD 法によって合成された人工ダイヤモンドである。CVD とは Chemi-

航空機・自動車関連における被削材の発展傾向

現在	現在～近い将来	未来
<ul style="list-style-type: none"> ●鉄 ●アルミニウム ●マグネシウム ●プラスチックなど 	<ul style="list-style-type: none"> ●複合材 (アルミ鋳物、チタンアルミなど) ●カーボン ●鉄 ●セラミックス ●強化プラスチック ●メタルマトリックス ●強化セラミックス ●ファイバーメタル…など 	<ul style="list-style-type: none"> ●複合材 (アルミ鋳物、チタンアルミなど) ●炭素化合物 ●繊維プラスチック (サンドイッチ素材=カーボン、ガラスファイバー、紡織繊維材) ●カーボンファイバー ●ガラスカーボンセラミックス…など

図 1 被削材の発展傾向

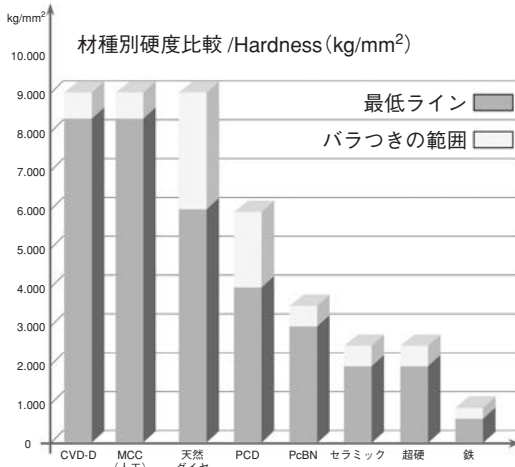


図2 種別硬度比較

cal Vapor Deposition の略で、日本語では化学気相蒸着法と呼ばれる方法である。これは化学反応によりさまざまな物質の薄膜を形成する方法であり、工具のコーティングなどにも用いられている。

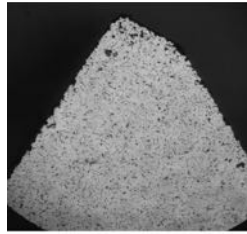
このCVD法によりダイヤモンドを生成するには、原料となる炭素物質を含むメタンガスを熱やプラズマにより分解し、ラジカル化した炭素を基板に蒸着させ結晶化する。この時、水素により非ダイヤモンド構造となる炭素を排除することで、ダイヤモンドとなる炭素物質のみを堆積させることができる。その結晶の薄膜を幾層にも積層させてできたものがCVDダイヤモンドである。

これにより、不純物をほとんど含まない99.9%ダイヤモンドのみで構成された極めて純度の高い合成ダイヤモンドができる。その硬度はPCDをはるかにしのぎ、天然のダイヤモンドや人工単結晶と同等であることが分かる。むしろ天然のダイヤモンドには必ずといっていいほど不純物が含まれているため、天然ダイヤよりもCVDダイヤモンドの方が個体差による硬度のバラつきは少ないことが見て取れる。

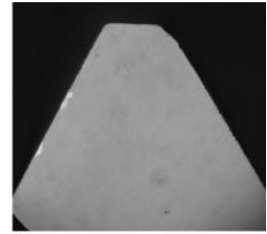
3. PCDとの比較

(1) 工具寿命の違い

PCDの場合、バインダとして内包される不純物の種類によりダイヤの強度や熱による影響、へき開の方向などに差が出るが、CVD法により生成されるCVDダイヤモンドは、化学反応による炭素の結晶であるため、その他の金属が内包されず、はるかに硬度が高く摩耗しにくいという特徴を持つ(図2)。これにより工具寿命はPCDと比



PCD 砥石研磨によりダイヤの脱落が見られる



CVD-D フィルム状に積層されたものをレーザカット処理するためダイヤの脱落は見られない

図3 エッジ面の比較

べて平均で3倍程度向上する。

(2) エッジ面がシャープ

既出の通りCVDダイヤモンドは硬度が高いため、TiroTool社ではレーザによりカットを施している。焼結により生成されたPCDを砥石で研磨すると、エッジ面にはとほころどころダイヤの脱落が発生する。

一方、CVDダイヤモンドはフィルム状の薄膜を積層させていく方法であり、形成時もレーザによる処理であるため、エッジ面のダイヤの脱落がなく、シャープエッジであるのがもうひとつの特徴であるといえる(図3)。

高い硬度と耐摩耗性に優れ、シャープなエッジ面を兼ね備えたCVDダイヤモンドは、CFRP・カーボンファイバーなどの複合材、セラミックス、超硬、非鉄金属・シリコンや補強材の含有量が多いアルミ合金などの中仕上げから精密仕上げ加工にも適している。

このように、非常に傑出した利点を持つCVDダイヤモンドであるが、これまではその硬度の高さから一般的には成形が難しく、工具として使用されるようになったのは最近のことである。近年のレーザマシンの発達により、レーザによる成形が可能となったことで、工具としての活用が進んだのである。

TiroTool社では、ブランクの切断だけではなく、レーザによりダイヤモンド表面に3次元構造のブレイカを施す技術で世界トップレベルのノウハウを持っている。理論に基づく3次元構造のブレイカデザインにおいて、2006年には特許を取得している。その技術力により延性の大きいアルミニウム合金などを切削する際にも切りくずを切断することが可能となる。現在、標準仕様で2種類のブレイカがあり、切込み量によって選定を行う。

また、この2種類以外にも切削条件に対応したオリジナルデザインでのブレーカ製作も可能であり、一朝一夕には到達できない経験の蓄積によるノウハウが大きな強みである（図4）。

4. 加工事例

(1) 工具寿命が4倍以上に

下記に紹介するのは、同様の切削条件下において、他社製PCD（ブレーカなし）インサートとTiroTool社製3次元ブレーカ付CVD-Dインサートとの寿命を比較したデータである（図5）。ツールライフが12,000個から50,000個と4倍以上となっている点に注目してほしい。

(2) 適用分野の拡大

また、硬度が高くバラつきが非常に少ない、エッジがシャープであるというCVDダイヤモンド工具の特性は従来のダイヤモンド工具の適用分野内にとどまらない。

例えば、これまでは砥石により研削加工をしていた超硬素材に対し使用したことで、その加工時間、コストを削減することが可能となった事例を紹介する。砥石による研削では約6分（ワーク1個当たり）かかっていたところ、TiroTool社のCVDインサートを使用することで、加工時間を2分（1個当たり）と1/3に短縮することができた（図6）。

5. おわりに

冒頭でも述べたように、軽量化、高能率化、高精度化、材料の多様化・難削化という背景の中、工具費の削減、サイクルタイム短縮という課題に対し、既成概念にとどまることのない柔軟な発想で切削工具も日々進化を続けていく必要があると痛感する。

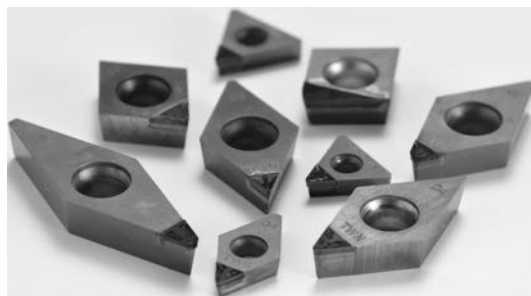


図4 3次元ブレーカ付CVDインサート

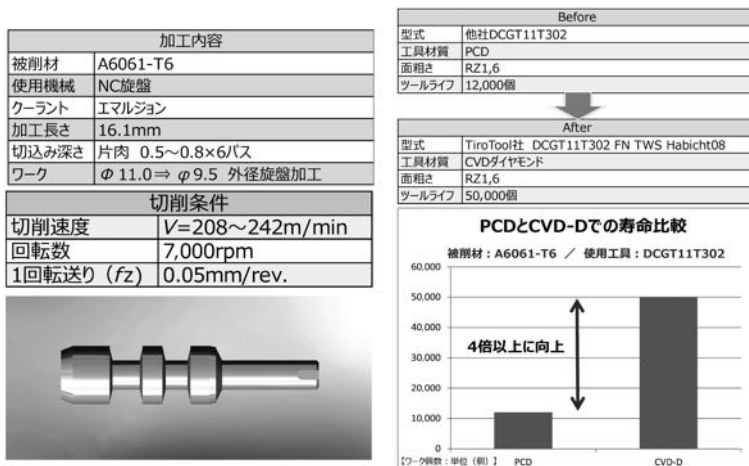


図5 PCDとCVD-Dでの工具寿命比較



図6 超硬における加工事例