

論文

放電プラズマ焼結材の切削工具への適用と評価

西岡孝夫^{*1)} 中条知和^{*1)} 鈴木節男^{*2)} 前野智和^{*3)}
 斉田隆利^{*4)} 鴫田正雄^{*4)} 工藤治彦^{*4)} 大西隆雄^{*4)}

Evaluation and application of cBN-30vol% sintered carbide matrix composites to cutting tools

Takao NISHIOKA, Tomokazu NAKAJO, Setuo SUZUKI, Tomokazu MAENO
 Takatoshi SAIDA, Masao TOKITA, Haruhiko KUDO and Takao ONISHI

Abstract Spark plasma sintering (SPS) was used to produce sintered carbide compact. The advantage of SPS is that cemented composites can reduce the sintering time and suppress the grain growth of the final product. Therefore, this sintered carbide is used widely in various fields as it has advantageous in mechanical properties. Nevertheless, when this sintered carbide is used as the cutting tool, data regarding the tool performance is lacking. Then cBN-30vol% sintered carbide matrix composite was developed, and an evaluation of the tool's performance against the metal moulds was carried out. As a result of this experiment, it was found to be effective when applied to difficult-to-cut materials.

Keywords Spark plasma sintering, Cutting tool, Sintered carbide, Difficult-to-cut materials

1. はじめに

放電プラズマ焼結法(SPS)は、種々の粉体材料の高速焼結に威力を発揮し、機械的特性に利点を有する焼結材の製造方法として様々な分野で幅広く利用されている。この技術は「パルス通電法」あるいは「パルス通電加圧焼結法」とも呼ばれ、先進新材料分野の生産工程の改革を実現できる有効な手段として、1989年より実用的な放電プラズマ焼結法の実現を目指して開発研究が行われた新しい焼結法である。この焼結法は、圧粉体粒子間にパルス状の電気エネルギーを直接投入し、火花放電により瞬時に発生する放電プラズマのエネルギーを熱拡散、電解拡散等へ効果的に利用することにより、低温域での短時間、活性化焼結を可能にする。従来のホットプレス法と比べて、先進新材料の合成・加工、金属とセラミックスのコンポジット材料の開発が容易に行える¹⁾。しかし、放電プラズマ焼結法により製作された焼結材の切削工具に関する基礎データが不足している。まず、本研究では、放電プラズマ焼結法によりcBNを30vol%含有させた超硬材を作製し、その焼結特性を調査した。次に切削工具を試作して切削試験により評価を行うと共に、難削材の切削性能についても検討した。

2. 実験方法

2.1 超硬材の作製

焼結は(株)住友石炭製の放電プラズマ焼結装置を用いた。製造工程は、以下の通りである。

- (1) 溶剤による粉体材料の混合
- (2) 加圧状態による粉体の真空乾燥、カプセルへの装着
- (3) カプセルの外側より火薬を使用した衝撃圧縮
- (4) 放電プラズマ焼結装置の試料台に粉体をセットして、最高温度1498K、加圧力80kN、の状態、ON-OFF直流パルス通電2分間

尚、試作した超硬材の製造因子として、C粉量の割合は、(T16,T17,T18,T19)と(T20,T21)の2水準とし、表面処理は、(T17, T19, T21)の試料にTiコーティング膜を施した。cBN粉は全ての試料に配合した。割合は、(W,C粉+C_o粉)70vol%+cBN粉30vol%である。各粒径は、W,C粉0.5μm、cBN粉2~4μm、Co粉0.6μmである。

2.2 機械的特性の評価

超微小硬さは、硬さをくぼみの対角線長さで求めるという方式は採用せず、圧子が試料にどれだけ進入したかを測定する方法、すなわちダイナミック硬さを採用している。

使用した装置では、試験荷重P(mN)、圧子の試料への侵入量(押し込み深さ)D(μm)とした時、ダイナミック硬さDHは以下の式で定義される。このダイナミック硬さは、試料の塑性変形だけでなく、弾性変形をも含んだ状態での材

^{*1)}精密加工技術グループ ^{*2)}企画普及課 ^{*3)}城東地域
 中小企業振興センター(現製品科学技術グループ)
^{*4)}(株)イズミテック

料強度特性となる。

$$DH \equiv \alpha \frac{P}{D^2}$$

は圧子形状による定数で、 $\alpha = 3.8584$ である。
 三角すい圧子の頂角は 115° である。試験荷重は、 30mN 、
 負荷速度 4.41mN/sec 、保持時間は 1sec とした。

2.3 ドリルによる切削試験条件

(1) 試作ドリルの形状

放電プラズマ焼結法で作成したディスク形状(厚さ 30mm)
 を $V4$ 超硬合金の台金上に直接 Ni ろう付けし、その後、刃付
 け加工を施し実験に供するドリルを作製した。仕様は、表1
 に示す通りである。放電プラズマ焼結材の製造工程における
 混合割合、及び表面コーティング処理の各因子を組合わせて
 6条件のドリルを作製した。

表1 ドリル形状及び寸法

	試作ドリル	市販ドリル
形状	ルーマ形ツイスト	ルーマ形ツイスト
直径	1 mm	1 mm
溝長	6 mm	9 mm
先端角	120°	130°
ねじれ角	30°	35°

(2) ドリル穴加工試験

試作ドリル、及び市販製ドリルを用いて、切削性能を調
 べるために、表2に示すような条件で、ドリル穴加工試験を
 乾式で行った。被削材の対象は $SKD61$ (53HRC)、 $SKD11$
 (61HRC) とし、各被削材における穴加工(深さ 3mm 止り
 加工)を、ドリル折損が発生するまで繰返した。その際、一
 定の加工数ごとに刃先の摩耗状態を工場顕微鏡で観察する
 と同時に、被削材の穴入口部の X, Y 方向寸法を測定し、次
 式に示す穴径差を求めて加工精度の比較を行った。

$$\text{穴径差} = X \text{ 方向の直径} - Y \text{ 方向の直径}$$

表2 実験条件

主軸回転速度 rpm	6,000 30,000
送り量 $\mu\text{m/rev}$	10
穴深さ mm	3(止り)
ステップ量 mm	0.1
切削油剤供給	乾式(エアブロー)
被削材	$SKD61$ (53HRC) $SKD11$ (61HRC)
使用機械	NC 精密立形加工機

被削材の表面は、研削仕上げし、加工に際しては、加工機

テーブル上のパイスで固定した。

2.4 エンドミルの試作及び加工試験

ドリルの場合と同様に放電プラズマ焼結法で、直径 3mm 、
 刃長 8mm の2枚刃スクエアエンドミルを試作し、 $HPM11$
 (40HRC) の被削材に対する側面加工の切削抵抗を測定す
 ことによって評価した。実験条件は表3に示す通りである。

表3 実験条件

主軸回転速度 rpm	6,000 50,000
送り量 $\mu\text{m/rev}$	30
軸方向切込 mm	6
径方向切込 mm	0.3
切削油剤供給	乾式(エアブロー)
被削材	$HPM11$ (40HRC)
使用機械	NC 精密立形加工機

3. 結果

3.1 超微小硬さ試験及びSEM像の観察

超微小硬さ試験の測定データを、図1に示す。硬さに換
 算し、比較した結果を図2に示す。この結果より、図3に示
 すSEM像の観察によって、超硬合金の母材に cBN 砥粒が均
 一に分散している状態であった。

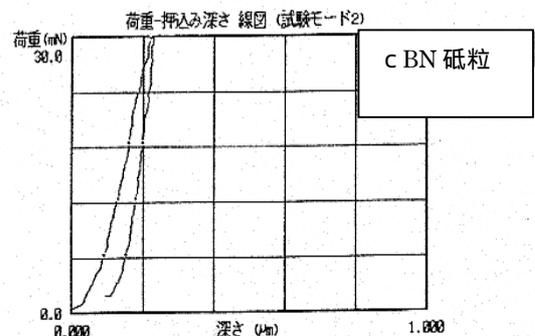
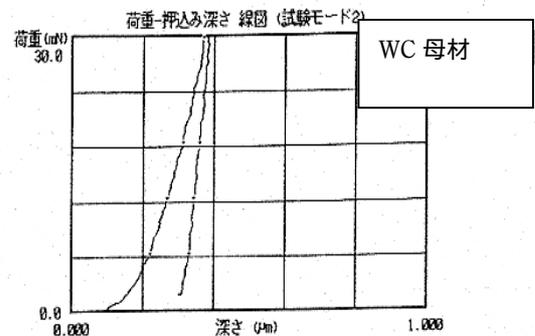


図1 超微小硬さ試験データ

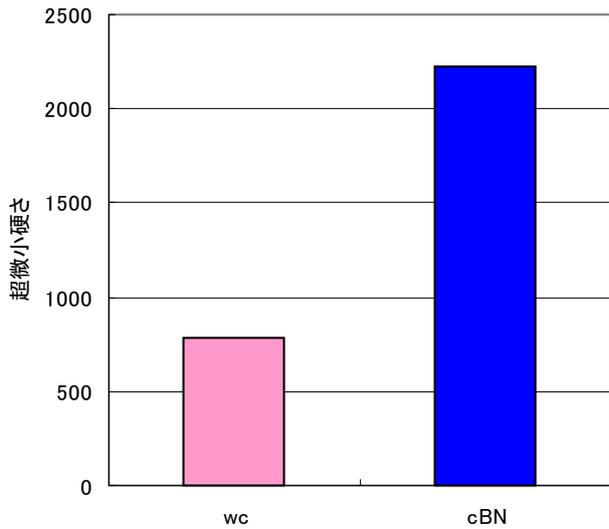


図2 WC母材とcBN砥粒の超微小硬さ

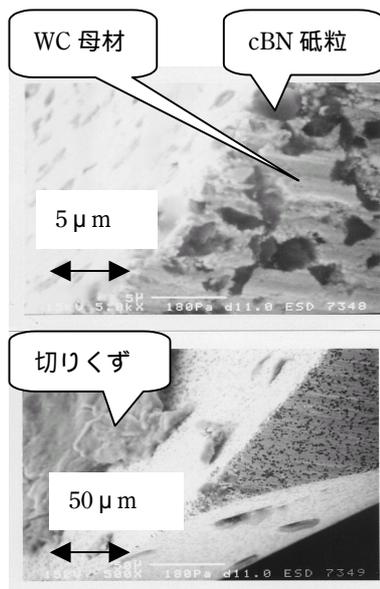


図3 試作ドリルの刃先部のSEM像

外周部に摩耗が集中して起こっている状態を確認できた。それに対し市販品の方は、欠けやチッピングの発生が刃先全体に見られた。

穴形状精度については、図5に示すように、穴加工数50個までの初期は、試作ドリル及び市販品とも穴径差は減少し、さらに加工を継続すると、穴径差が大きくなる傾向を示した。穴形状のばらつきについては、試作ドリルの方が良好な状態といえる。この場合の加工現象としては、試作ドリルのチゼル部に目立った欠損がないことから、加工開始時点の被削材への食いつきがスムーズであることが推察できる。

また、加工中の主軸負荷電力波形は、図6に示すように市販ドリルは、加工の継続と共に変化が激しくなるが、試作ドリルの方は、比較的小さい。但し、外周部の摩耗が進んでいるので、加工中の電力は高くなっている。穴加工数100個の加工後における、刃先摩耗の状態を図7に示す。

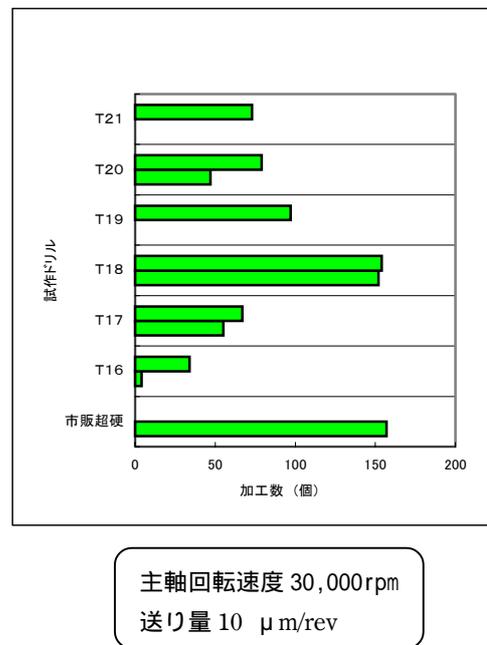


図4 高速条件における工具寿命の評価

3.2 ドリル加工結果

(1) SKD61 (53HRC) に対する工具性能

主軸回転速度 30,000rpm に設定し、焼結材の製造工程における配合割合、及び表面コーティング処理の各要因を組合せ条件で作製した T16 ~ T21 を使用し、工具折損に達するまでの穴加工数を求めた。図4に示すように、各ドリル2本を用いた寿命試験の結果、T18の寿命が安定していた。表面コーティング処理については、T19, T20, T21の寿命が伸びないで折損に至っている状況から判断すると、表面処理工程の検討が必要である。

試作したドリルでは、最長寿命が得られたドリルの刃先状態を観察すると、目立った欠損、チッピングの発生はなく、

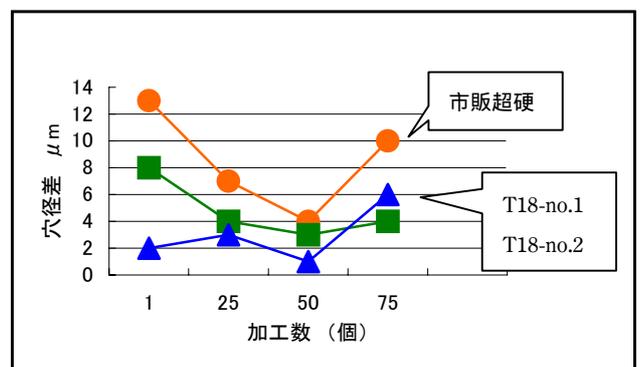


図5 穴加工数と穴径差

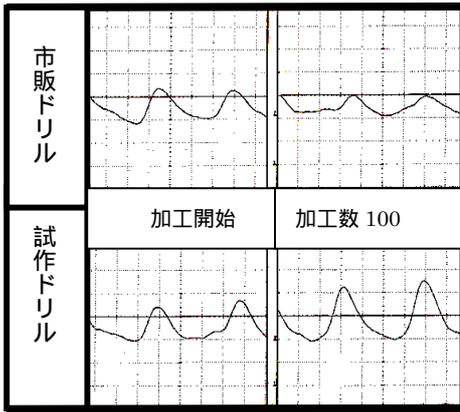


図6 主軸負荷電力の波形

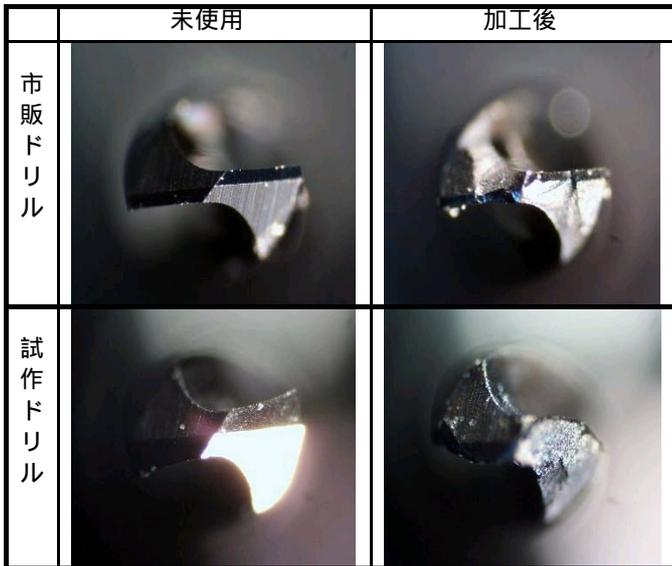


図7 刃先摩耗の状態

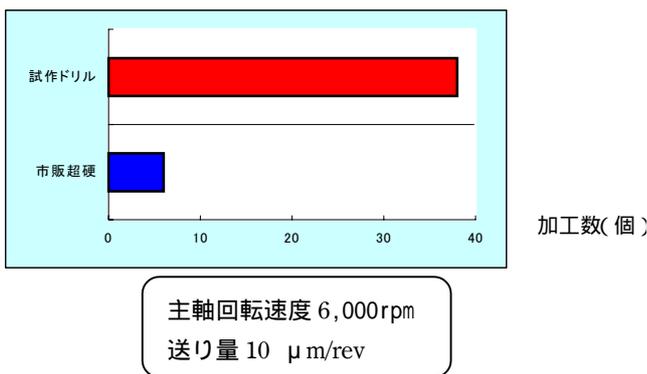


図8 通常速度条件における工具寿命の評価

(2) SKD11 (61HRC) に対する工具性能

難削材を対象とした切削加工の可能性を探るために、工具寿命試験を低速条件に設定して行った。

図8に示すように、主軸回転速度 6,000rpm の場合、試作ドリルは、市販品の約5倍の寿命延伸することがわかった。

しかし、コーティング処理による直接的な工具性能の効果は得られなかった。

3.3 エンドミル加工結果

エンドミル加工は、断面切削で行われるため、ドリル加工への適用に比べてより厳しい条件となる。被削材は、プラスチック型に使われている HPM11 (40HRC) を選定し、一定の切削距離 (9m) までの切削抵抗を測定した。その結果、切削速度の設定に関係なく突発的な工具欠損が加工開始直後から発生した。そのため台金上への Ni ろう付けの改善や工具形状の変更を行ったが、図9に示すように振動発生を低減できなかった。さらに切刃の最適化や、剛性を高める超硬材種の開発等の対策が必要と思われる。

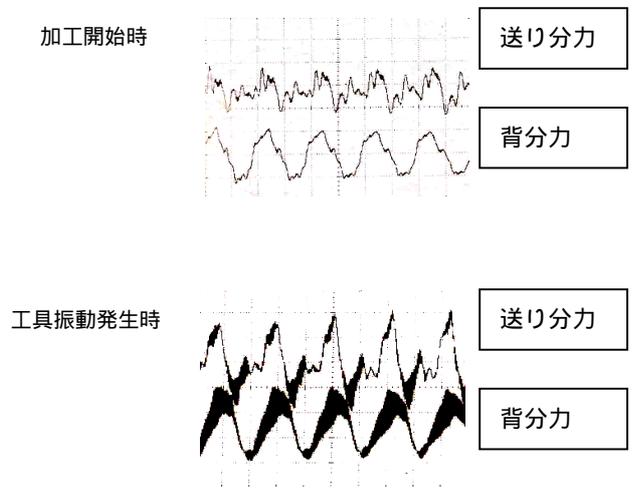


図9 切削抵抗の測定データ

4. まとめ

放電プラズマ焼結法を用いて、従来の超硬(WC)に cBN 砥粒を分散させた工具材 (新超硬合金) を試作し、複雑形状である工具 (エンドミル及びドリル) を製作した。(1) ドリル試験の結果、53~61HRC までの高硬度材の穴あけ加工が可能であった。工具寿命については、主軸回転数が低速 (6,000rpm) の場合、被削材の硬度 53HRC に対し、市販品と同等の性能を示し、加工精度は良好な状態であった。(2) 高硬度の 61HRC に対しては、市販品の 5~6 倍の性能となった。難削材加工の工具として有効性が明らかになり、用途開拓についても期待できる。(3) エンドミル加工の場合は、断続切削になるため、振動による工具欠損が起こりやすい問題がある。

参考文献

1) 鴫田正雄:粉体粉末冶金協会講演概要集,1-13(2000).
(原稿受付 平成 14 年 7 月 29 日)