

# 焼入鋼加工用スミボロン® BN1000/BN2000の開発

原田高志\*・月原望・寺本三記  
久木野 暁・深谷朋弘

Development of SUMIBORON® BN1000/BN2000 for Hard Turning — by Takashi Harada, Nozomi Tsukihara, Minoru Teramoto, Satoru Kukino and Tomohiro Fukaya — With the expanding use of PCBN (polycrystalline cubic boron nitride) cutting tools in hard turning applications, there is an emerging demand for cutting tools of further advanced PCBN which can be used universally for various machining such as precision turning of small parts, in which cutting speed is limited under 80m/min, and die steel or high-speed steel cutting. In order to meet these requirements, SUMIBORON® BN1000/BN2000 has been developed. With high-purity ceramics binder, BN1000/BN2000 shows excellent cutting performance, wear resistance and breakage resistance. In this report, the cutting performance of BN1000/BN2000 and some application results are described.

Keywords: PCBN, hardened steel, high precision, high efficiency, cutting force

## 1. 緒言

**1-1 CBN焼結体工具** cBN（立方晶窒化ほう素）は、ダイヤモンドに次ぐ硬度と、鉄との反応性がダイヤモンドよりも低いという特徴を有する。このcBNは、単独で焼結することが難しいため、金属やセラミックスからなる結合材とともに焼結したCBN焼結体が、切削工具として鉄系金属の加工に広く用いられている。

当社は、セラミックスを結合材として用いたCBN焼結体を世界で初めて開発し、焼入鋼加工用CBN焼結体工具スミボロン®を製品化した<sup>(1)</sup>。高硬度な焼入鋼の加工は、それまで唯一の手段であった、砥石による研削加工によってなされてきた。CBN焼結体工具による切削加工は、この研削加工に比べて、高能率・高精度であることから、特に大量生産を必要とした自動車産業を中心に研削加工に替えて採用され、現在では焼入鋼の一般的な加工方法となっている。

自動車産業における、さらなる高能率・高精度加工のニーズに応えるため、当社は、コートイドCBN焼結体工具スミボロン®BNCシリーズを開発、製品化してきた<sup>(2)~(4)</sup>。BNCシリーズは、cBNよりもさらに耐熱性に優れたセラミックスを、靱性に優れたCBN焼結体の上に被覆することにより、高速・高能率加工において要求される耐熱性と靱性を向上させ、工具性能を進化させた。このため、BNCシリーズは、自動車部品だけでなく、大型ベアリングや建機部品などの高能率粗加工をも可能にしたため、この分野での適用が拡大中である。

**1-2 ノンコートCBN工具の必要性** CBN焼結体による焼入鋼の切削加工が広まるにつれ、上記の高速・高能率加工だけでなく、エンジンの燃料噴射システムに用いられる油圧部品や、電子部品などの小物部品の高精度加工

のニーズが顕在化してきている。

これらの部品は、自動車におけるギヤや足回りの部品に比べて小さいため、切削速度が低くなる。切削速度が低い領域（おおよそ80m/min.以下）では切削抵抗が高くなるため、CBN焼結体よりも強度の低いセラミックコーティングは異常な損傷を示す場合がある。このため、CBN焼結体自体の性能向上が重要となる。

さらに、これらの部品は、環境性能の向上を狙って高強度化され、難削化する傾向がある。難削な焼入鋼は、硬度の高いCr, V, Moなどの炭化物を多く含有するため、CBNよりも硬度の低いセラミックコーティングは、これらを切削する際、硬度が不足する。このため、高硬度な焼入鋼の切削においても、CBN焼結体自体の性能向上が重要となる。

また、小物部品に限らず、部品の高機能化が進められ、部品形状が複雑かつ薄肉になる傾向がある。複雑形状の加工では十分な工具剛性やチャック剛性が確保できない場合があるのに加えて、薄肉部品ではワーク自体の剛性が低くなる。このような環境では、切削中の振動による工具刃先への機械的な負荷が大きくなるため、上記と同様にセラミックコーティングが異常に損傷する場合がある。このため、低剛性な切削環境においても、CBN焼結体自体の性能向上が重要となる。

これらのニーズに応えるため、CBN焼結体自体の性能向上を目指し、新CBN焼結体工具BN1000/BN2000を開発した。本稿では、これらを紹介する。

## 2. BN1000/BN2000の特長

初めに述べたとおり、CBN焼結体は、高強度なcBNと耐熱性に優れたTiNやTiCNを主体としたセラミックス結合材から構成される。そして、cBNの含有率を高くすると強度・靱性が向上して耐欠損性を重視した材種となる一方、cBN含有率を低くすると耐熱性が向上して耐摩耗性を重視した材種となる。本開発においては、耐欠損性と耐摩耗性を両立しながら性能を向上させるべく、cBNとセラミックス結合材の比率を従来材種から変化させずに、セラミックス結合材の特性向上を図ることとした。

従来、セラミックス結合材には、その製造工程や、cBNと混合する工程で、わずかではあるが、不純物が含まれていた。この不純物は、セラミックスに比べて、強度や耐熱性が低いため、亀裂の起点となって耐欠損性を低下させたり、耐摩耗性を低下させる要因となっていた。そこで、セラミックス結合材の製造工程を一新し、新プロセスを採用することにより、不純物量が従来の1/10以下という高純度セラミックス結合材を製造することが可能になった。この高純度セラミックス結合材を適用した、新CBN焼結体は、耐欠損性と耐摩耗性のバランスを維持したまま、飛躍的な性能向上を実現した。

表1に、高純度セラミックス結合材を適用した新CBN焼結体BN1000, BN2000の組成を、図1に焼入鋼加工用ス

表1 BN1000とBN2000の組成及び物理特性

材種	cBN含有率 [vol %]	cBN粒径 [ $\mu\text{m}$ ]	結合材の主成分	硬度 [GPa]	TRS [GPa]
従来材種 BN250	50-55	2	TiN	31-34	1.00-1.10
<b>BN2000</b>	50-55	2	<b>高純度TiN</b>	31-34	1.05-1.15
従来材種 BNX10	40-45	3	TiCN	27-31	0.80-0.90
<b>BN1000</b>	40-45	1	<b>高純度TiCN</b>	27-31	0.9-1.00

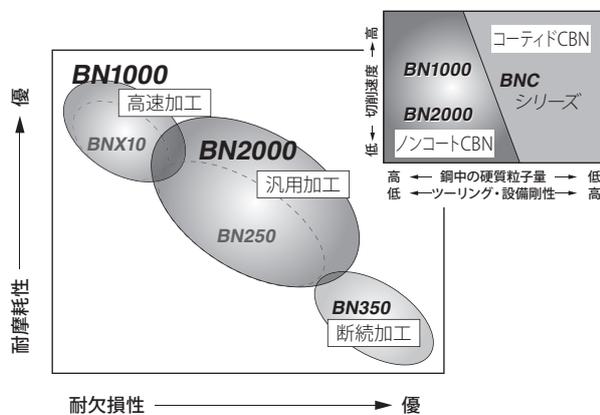


図1 焼入鋼加工用ノンコートスミボロン®の位置づけ

ミボロン®材種の位置づけを示す。BN2000は、BN250の後継材種であり、連続から断続切削まで使用可能な汎用材種である。BN1000は、BNX10の後継材種であり、BN2000よりも耐摩耗性を重視した材種である。

## 3. 焼入鋼汎用加工用材種BN2000の性能

3-1 連続切削 図2に浸炭焼入鋼の連続切削において、従来材種との比較を行った結果を示す。切削初期において、BN2000の逃げ面摩耗量は従来材種とほぼ同等である。しかし、5km切削後、従来材種ではクレータ摩耗の進展により刃先が欠損するのに比較して、BN2000では欠損が見られず、より長距離の切削が可能であることが確認できた。高純度セラミックス結合材を適用したことによって、焼結体の耐熱性が向上し、クレータ摩耗の進展が抑制された効果であると考えられる。

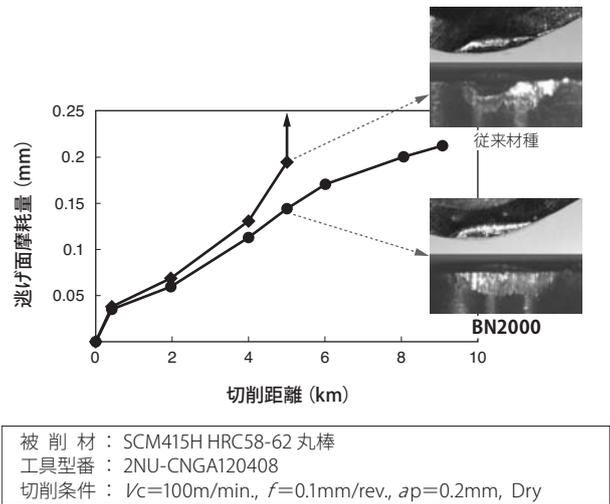
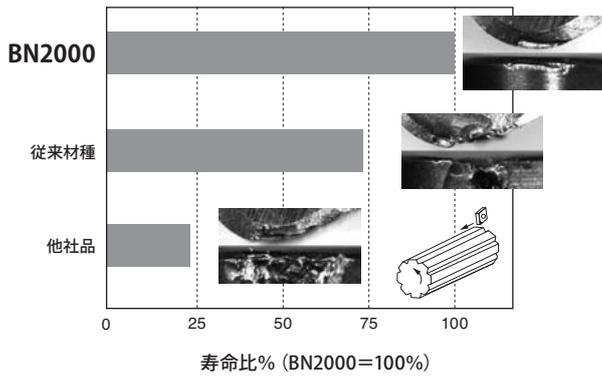


図2 BN2000の連続切削評価結果

3-2 断続切削 図3に、浸炭焼入鋼の断続切削における性能評価を行った結果を示す。被削材は図中に示したように、V字状の溝を加工したものをを用いた。この評価においても、BN2000は従来材種より長寿命であることを確認できた。以上より、BN2000は従来材種と比較して、優れた耐摩耗性と耐欠損性を備えていることが確認できた。

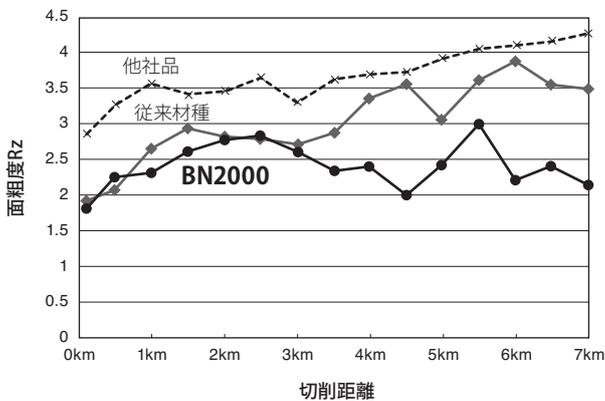
3-3 面粗度 次に、高精度加工における性能を評価するため、面粗度規格3.2zを想定した切削評価を行った。用いた被削材は、浸炭焼入鋼である。図4にこの結果を示す。BN2000は切削初期から安定した面粗度を示し、従来材種及び他社品以上の寿命を発揮することが確認できた。

面粗度は、前切れ刃の形状が仕上げ面に転写されることにより決定される。前切れ刃に境界摩耗が発達すると、前切れ



被削材：SCM415H (HRC58-62) 8V溝材  
 工具型番：2NU-CNGA120408  
 切削条件：Vc=150m/min., f=0.1mm/rev., ap=0.2mm, Dry

図3 BN2000の断続切削評価結果



被削材：SCM415H HRC58-62 丸棒  
 工具型番：2NU-CNGA120408  
 切削条件：Vc=100m/min., f=0.08mm/rev., ap=0.2mm, Dry

図4 BN2000の面粗度評価結果

刃に段差ができるため、面粗度が悪化すると考えられている。BN2000は高純度結合材を適用することで、結合材の強度が向上し、境界摩耗の発達が抑制されたと推定される。

**3-4 高速度工具鋼の切削** 1で述べた、特に高硬度な焼入鋼におけるBN2000の性能を評価するために、高速度工具鋼の切削を行った。

写真1に各種焼入鋼の組織を示す。自動車部品などで最もよく使用されている浸炭鋼は、炭化物の含有量が数%のため、組織はほぼマルテンサイトのみで構成されている。一方、ダイス鋼や高速度工具鋼では、強度、耐摩耗性を高めるために炭化物が10%以上含まれており、組織中に炭化物が点在していることがわかる。

図5は高速度工具鋼をBN2000とコーティドcBNのBNC200を用い、切削初期(切削距離=400m)における加

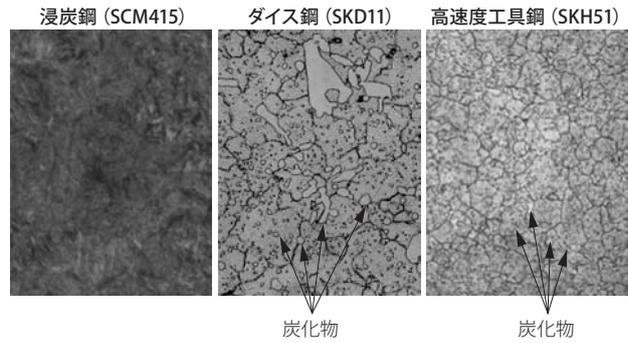
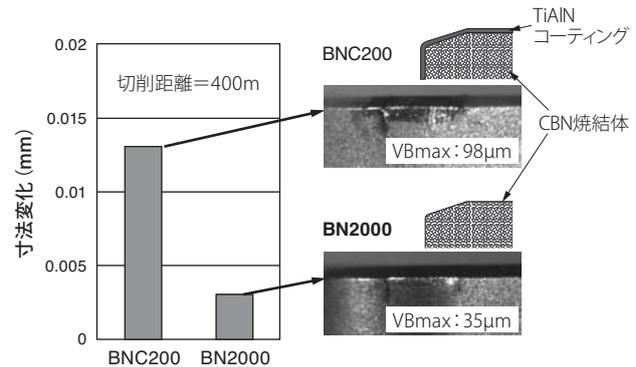


写真1 焼入鋼の組織写真



被削材：SKH51 (HRC60)  
 工具型番：2NU-CNGA120408  
 切削条件：Vc=100m/min., f=0.05mm/rev., ap=0.05mm, wet

図5 高速度工具鋼切削時の寸法変化データ

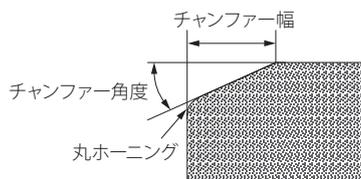
工物の寸法変化を測定した結果である。BN2000では、わずかな寸法変化しか認められなかったものの、BNC200は大きな寸法変化を示している。図5右に示した刃先写真により、BNC200の方が摩耗量が大きいため、この寸法変化は摩耗に伴うものであることがわかる。表2にBN2000とBNC200の組成を示す。BNC200はBN2000よりも耐欠損性を重視した母材と耐摩耗性に優れたセラミックスコーティングにより構成されている。セラミックスコーティングは、優れた耐熱性を示す一方、cBNよりも硬度が低い。このため、セラミックスコーティングは、高速度工具鋼に多量に含まれる高硬度な炭化物により摩耗し、耐熱性を十分に発揮することができなくなるため、結果的に摩耗が大きくなると考えられる。

表2 BNC200とBN2000の組成

材種	コーティング (膜厚)	cBN焼結体				
		cBN含有率 (体積%)	cBN粒径 (μm)	結合相	硬度 (GPa)	TRS (GPa)
BNC200	TiAlN (2μm)	65-70	4	TiN	33-35	1.10-1.20
BN2000	無し	50-55	2	高純度TiN	31-34	1.05-1.15

このような用途では、ノンコート CBN 工具が最適といえる。

**3-5 BN2000の刃先処理** CBN 焼結体工具の刃先には、切削時の耐欠損性を確保するために、**図6**上に示すようなチャンファーやホーニングを設けるのが一般的である。BN2000は、汎用材種として様々なアプリケーションに対応できるように、標準型に加えて、LT型とHS型の2つの刃先処理を在庫化している。これを**図6**下に示す。



刃先処理	チャンファー角度 [°]	チャンファー幅 [mm]	丸ホーニング
標準型	25	0.12	有り
LT型	15	0.12	無し
HS型	35	0.12	有り

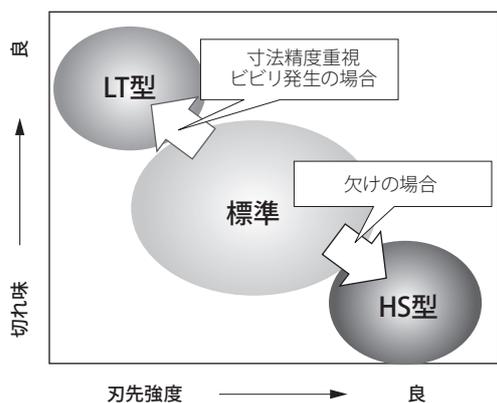
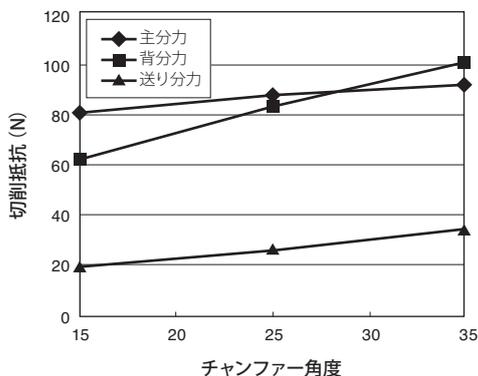


図6 BN2000の刃先処理



ワーク: SCM415 (HRC60)  
 チップ: NU-TPGW110308  
 ホルダー: WBPT220  
 切削条件:  $V_c=150\text{m/min.}$ ,  $f=0.1\text{mm/rev.}$ ,  $a_p=0.2\text{mm}$ , Dry

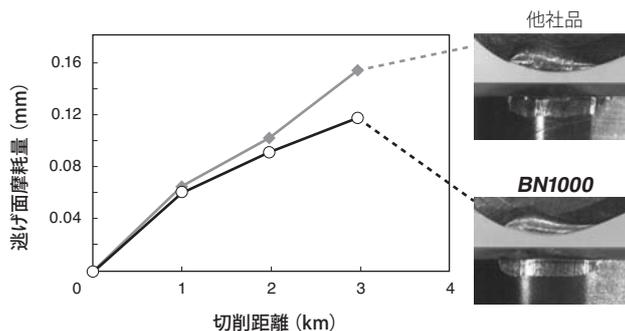
図7 チャンファー角度と切削抵抗の相関

**図7**にチャンファー角度による切削抵抗の変化を示す。このようにチャンファー角度が小さいほど切削抵抗を低減することができ、寸法精度が必要な場合や、小径内径加工などでビビリが発生する場合などに有効である。従って、このような場合、LT型を適用する。

一方、チャンファー角度を大きくすると切削抵抗は増加するものの、刃先近傍に発生する応力が緩和され、断続切削における欠損を低減することができる。従って、断続切削などにおいて欠損が発生する場合は、HS型を適用する。

#### 4. 焼入鋼高速加工用材種 BN1000 の性能

**4-1 連続切削** 次に、BN1000の切削性能を紹介する。**図8**は、ベアリング鋼の連続切削評価を行った結果である。BN1000は他社品よりも優れた耐摩耗性を示すことが確認できた。BN1000では、耐摩耗性を重視するために、高純度TiCNセラミックス結合材を適用している。このため、ノンコート CBN 焼結体の中で最も優れた耐摩耗性を発揮する。

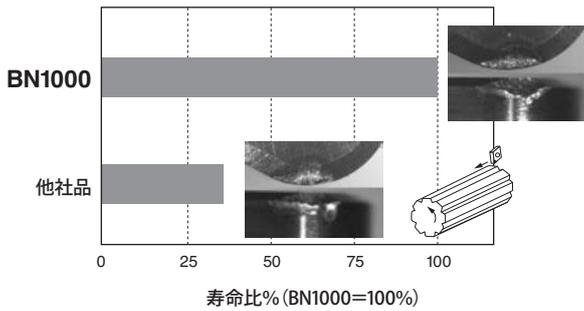


被削材: SUJ2 (HRC62)  
 工具: 2NU-CNGA120408  
 加工条件:  $V_c=150\text{m/min.}$ ,  $f=0.1\text{mm/rev.}$ ,  $a_p=0.2\text{mm}$ , Dry

図8 BN1000の連続切削評価結果

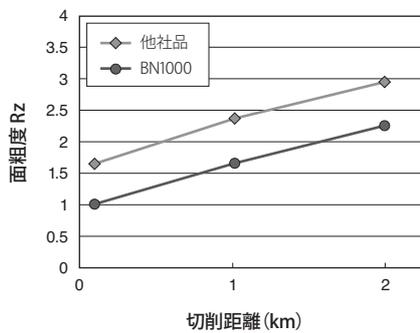
**4-2 断続切削** **図9**に耐欠損性を評価した結果を示す。断続評価では、BN2000の時と同様に浸炭焼入鋼にV字形状の溝をつけた被削材を用いた。他社品は、クレータ摩耗が急速に進展して欠損したのに対し、BN1000ではクレータ摩耗の進行が遅く、欠損までに約3倍の切削が可能であった。以上より、BN1000は他社品と比較し、優れた耐摩耗性及び耐欠損性を発揮することが確認できた。

**4-3 面粗度** **図10**に面粗度規格3.2zを想定した高精度加工の評価結果を示す。切削初期のみの比較であるが、BN1000は他社品と比較して良好な面粗度を示している。他社品は、2km切削時点で $3\mu\text{m}$ 程度まで悪化した。BN1000では3.2z以下の加工が可能であることが確認できた。



被削材：SCM415H (HRC58-62) 8V溝材  
 工具型番：2NU-CNGA120408  
 切削条件：Vc=150m/min., f=0.1mm/rev., ap=0.2mm, Dry

図9 BN1000の断続切削評価結果



被削材：SCM415 (HRC58-62)  
 工具型番：2NU-CNGA120408  
 切削条件：Vc=150m/min., f=0.08mm/rev., ap=0.10mm, Dry

図10 BN1000の面粗度評価結果

## 5. BN1000/BN2000の適用領域

焼入鋼加工における、ノンコートCBN焼結体材種の適用領域を図11に示す。

BN2000は、連続切削から中断続切削までの幅広い領域で使用可能な汎用材種である。従来材種と比較すると、切削速度の上限が200m/min.まで高くなり、断続切削の領域も拡大した。

BN1000は高速加工用材種であり、BN2000で耐摩耗性が不足する場合に適用し、連続仕上げ加工を中心に300m/min.までの高速加工が可能である。従来材種のBNX10から耐欠損性が向上したことにより、負荷の小さい断続切削にも適用できる。

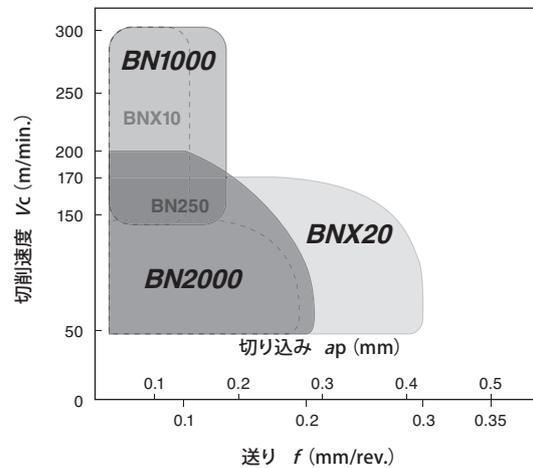
## 6. 切削実例

表3にBN1000/BN2000の切削実例を示す。

No.1は、高速連続切削におけるBN1000の事例である。表中には切削加工部のみ示しているが、実際のワーク形状は複雑なため、ツーリングの関係上、工具突き出し量が長く、工具剛性が低い切削環境である。このため、コーティドCBN工具ではなく、BN1000により寿命延長が可能になった。

No.2とNo.3は、断続切削におけるBN2000の寿命延長例である。No.2は、寸法公差15μmの高精度加工であり、わずかなチッピングにより寸法精度が悪化して工具寿命に至っていた。BN2000は他社品よりも耐チッピング性に優れるため、3倍の寿命を達成した。No.3は、従来材種では、クレータ摩耗が進行して欠損に至っていたが、耐熱性に優れるBN2000により寿命が2倍となった。

〈連続加工〉



〈断続加工〉

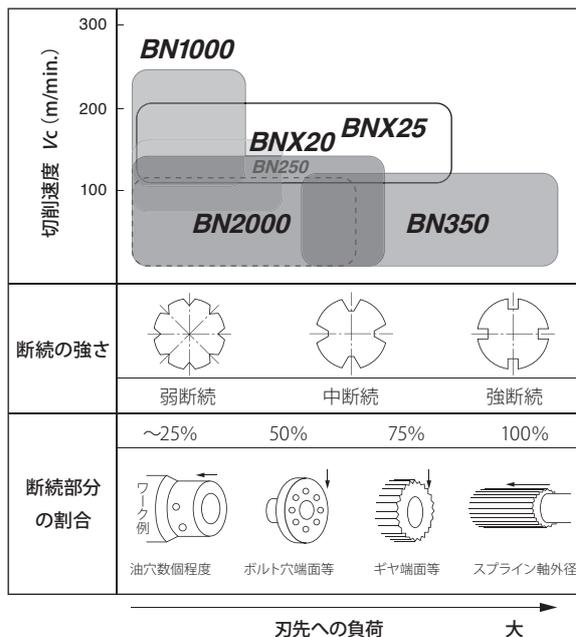
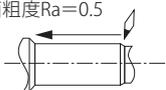
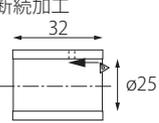
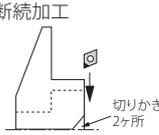
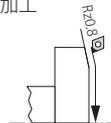
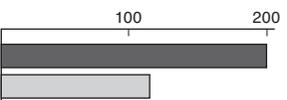
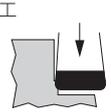
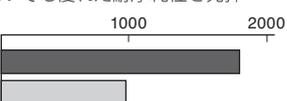
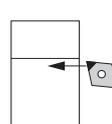
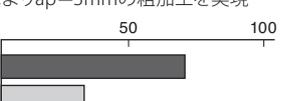


図11 BN1000/BN2000の適用領域

表3 BN1000/2000の切削実例

No.	ツーリング	①部品名 ②材質	工具型番	$V_c$ = 切削速度 $f$ = 送り量 $a_p$ = 切り込み量	使用結果
1	外径仕上げ加工 面粗度Ra=0.5 	①オイルポンプ シャフト ②S55C 高周波焼入れ	NU-VBGW160404 <b>BN1000</b>	$V_c$ = 195m/min. $f$ = 0.04mm/rev. $a_p$ = 0.18mm. Wet	●BN1000は、Ra0.5の加工にて他社品比2倍の寿命 切削距離 (km) 
2	内径断続加工 	①アウターガイド ②SCM415H 浸炭焼入れ	NU-TPGW110308 <b>BN2000</b>	$V_c$ = 135m/min. $f$ = 0.1mm/rev. $a_p$ = 0.15mm. Dry	●BN2000はチッピングなく寿命が3倍に 加工数 (個) 
3	端面断続加工 	①プーリー ②SCM415H 浸炭焼入れ	2NU-DNGA150408 <b>BN2000</b>	$V_c$ = 150m/min. $f$ = 0.1mm/rev. $a_p$ = 0.2mm. Dry	●BN2000はクレータ欠損が抑制され寿命2倍 加工数 (個) 
4	端面連続加工 	①プランジャ ②SKD11	2NU-DNGA150408 <b>BN2000</b>	$V_c$ = 0-150m/min. $f$ = 0.03~0.25 mm/rev. $a_p$ = 0.04mm. Dry	●切削速度がごく低い場合BN2000の方が面粗度が安定 加工数 (個) 
5	溝入れ加工 	①シャフト ②SCM420H 浸炭焼入れ	特型溝入れバイト <b>BN2000</b>	$V_c$ = 100m/min. $f$ = 0.08mm/rev. $a_p$ = 0.25mm. Dry	●溝入れ加工においても優れた耐摩耗性を発揮 加工数 (個) 
6	粗加工 	①ローラー プッシング ②浸炭焼入鋼	CNMA120412 <b>BN2000</b>	$V_c$ = 100m/min. $f$ = 0.13mm/rev. $a_p$ = 3.0mm. Dry	●再研磨タイプにより $a_p$ =3mmの粗加工を実現 加工数 (個) 

No.4は、焼入鋼の中でも高硬度なダイス鋼で、端面中央部で低速切削となる事例である。寿命判定基準は面粗度Ra0.8であり、BNC200は摩耗が乱れて面粗度が悪化したのに対し、BN2000は安定した面粗度を示し、約2倍の寿命を達成した。

No.5は、溝入れバイトの事例である。他社品では摩耗進行による寸法精度悪化により寿命となっていたが、BN2000は欠損することなく優れた耐摩耗性を示し、約2倍の寿命を達成した。

No.6は、切り込みが3mmと非常に大きい粗加工で、再研磨タイプを使用した事例である。粗加工では刃先温度が高くなるため、他社品はクレータ摩耗が発達し寿命となっていたが、耐熱性に優れるBN2000により工具寿命が約2倍となった。

## 7. 結 言

以上述べてきたように、BN1000/BN2000の開発により、燃料噴射部品のような小物部品や、高硬度焼入鋼の切削、

低剛性環境下の切削などにおいて、工具寿命の延長が可能となった。これまでのコーティドCBN焼結体工具に、BN1000/BN2000が加わることにより、より幅広い焼入鋼の加工において、CBN工具による切削加工が適用され、製造の高能率化やコスト低減に貢献できるものと期待される。

## 参 考 文 献

- (1) 原 他、「スミボロンBN200の性能」、住友電気、第113号、pp.161- (1978)
- (2) 原田 他、「コーティドcBN焼結体工具の開発」、SEIテクニカルレビュー第158号、pp.75- (2001)
- (3) 寺本 他、「焼入鋼高速加工用スミボロン®BNC100および高精度加工用スミボロン®BNC160の開発」、SEIテクニカルレビュー第172号、pp.89- (2008)
- (4) 岡村 他、「焼入鋼高能率加工用コーティドスミボロン®新『BNC200』の開発」、SEIテクニカルレビュー第174号、pp.13- (2009)

執筆者

---

原田 高志\* : 住友電工ハードメタル(株)  
ダイヤモンド技術開発部 主査  
CBN焼結体工具の開発に従事



月原 望 : 住友電工ハードメタル(株) ダイヤ技術開発部  
寺本 三記 : 住友電工ハードメタル(株) ダイヤ技術開発部  
久木野 暁 : エレクトロニクス・材料研究所  
アドバンストマテリアル研究部 グループ長  
深谷 朋弘 : 住友電工ハードメタル(株) ダイヤ技術開発部 次長

---

\*主執筆者