



焼入鋼高能率加工用コーティドスミボロン® 新『BNC200』の開発

岡村克己*・久木野 暁・深谷朋弘

Development of SUMIBORON NEW BNC200 for High-Efficiency Machining of Hardened Steel Parts —— by Katsumi Okamura, Satoru Kukino and Tomohiro Fukaya —— Recently increasing global awareness on environmental issues has induced demands for high-efficiency machining that improves productivity and cut capital spending. In order to satisfy such demands, SUMIBORON NEW BNC200 has been developed. NEW BNC200 provides longer tool life and higher machining efficiency by over 50% compared to the conventional BNC200 grade by drastically improving breakage resistance while at the same time maintaining high wear resistance. In addition to the standard edge preparation with broad general versatility, LS type with good sharpness and HS type with high toughness have been developed in order to achieve longer tool life and higher machining efficiency in machining of various hardened steel parts. The features and cutting performance of NEW BNC200 are described in this report.

1. 緒言

cBN（立方晶窒化硼素）は、ダイヤモンドに次ぐ硬度・熱伝導率を示し、鉄系金属との反応性が低いという特徴を有する。当社は、このcBNを特殊セラミック結合材で焼結させたCBN焼結体の開発を行い、1977年に世界で初めて焼入鋼加工用CBN焼結体工具「スミボロン®」の製品化に成功した⁽¹⁾。現在では、研削加工に比べ高能率かつフレキシブルな加工が可能であるCBN焼結体工具による切削加工は、焼入鋼の一般的な加工方法の一つとして浸透している。2000年に、焼入鋼加工の高能率化と長寿命化を実現するコーティドスミボロン®BNC200を製品化して以降⁽²⁾、用途に応じたBNCシリーズが展開され、生産性の向上やコストダウンに貢献してきた^{(3)~(5)}。

近年、自動車産業等のものづくりでは、環境対応の重要性がさらに増しており、産業廃棄物の削減や、消費電力の低減によるCO₂排出量の削減等が課題となっている。これらの要求に応えるべく、従来のBNC200を大幅に上回る高能率化と安定長寿命化を実現するコーティドスミボロン®新BNC200を開発した。以下に同材種の特長及び切削性能について報告する。

2. 焼入鋼高能率加工における問題点

焼入鋼に施される表面熱処理は、目的に応じて、浸炭焼入れ、高周波焼入れ、窒化処理などを適宜選択することにより、表面深さ方向の硬度分布を制御し、必要な部位に所望の耐久性を付与することが可能となる。その反面、加工の対象となる部品は、製造ロット間や製造ロット内の表面状態（硬度、組織、応力状態等）にバラツキがある場合が

ある。さらに旋盤、チャック、ホルダーからなるツーリング全体の剛性も焼入鋼切削において十分であるとは必ずしも限らない。高能率加工では刃先への負荷が高くなるため、前記の表面状態のバラツキやツーリング全体の剛性不足の影響が増幅され、突発的な欠損が発生する等して、工具寿命のバラツキが大きくなる。その結果、不安定な工具寿命のため、不定期に工具を交換する必要があり、有人加工を余儀なくされるか、もしくは欠損が発生しない程度の少ない加工数で定数交換するため、生産性も悪く、加工コストも削減できない事が問題であった。

今回開発に成功したコーティドスミボロン®新BNC200を適用することにより、高能率加工条件下においても突発的な欠損を抑制することが可能になった。その結果、不定期な工具交換の必要性も無くなり、長時間の無人加工が可能にし、大幅な生産性の向上と加工コストの削減を実現した。

3. 新BNC200の特長

新BNC200の仕様を従来の材種と共に表1に示す。CBN焼結体は、cBN粒子の含有量と粒度、結合材の種類を用途に応じて適宜調整することにより狙いの耐摩耗性と耐欠損性を実現している。通常、耐欠損性と耐摩耗性はトレードオフの関係にあるが、新BNC200では耐摩耗性を維持しながら耐欠損性を大幅に向上させることを開発目標とした。CBN焼結体はcBN粒子をTiNやAlを含む複合セラミックスを結合材として焼結される。一方、セラミックスはcBN粒子よりも耐熱性に優れるが強度に劣る。焼結体の突発的な欠損は強度の劣る箇所、すなわち結合相を起点とする亀

表1 新BNC200の仕様

材種	コーティング (膜厚)	CBN焼結体		
		cBN含有量 (体積%)	cBN粒径 (μm)	結合相
新BNC200	TiAlN ($2\mu\text{m}$)	65~70	4	TiN
従来BNC200	TiAlN ($2\mu\text{m}$)	65~70	4	TiN

裂の発生と伝播によるため、焼結体の強度を向上するにはcBN含有量を高くすることが考えられるが、耐熱性に優れたセラミックスが減るので耐摩耗性が悪化する。そこで、新BNC200はセラミックス自体の強度と韌性を高めることにより、cBN含有率を従来と変えず、耐摩耗性を維持したまま、大幅に耐欠損性を向上することに成功した。

4. 新BNC200の性能

4-1 抗折力 (TRS) 評価 新BNC200の耐欠損性を評価するために、抗折力 (TRS) の測定を実施した (N数=40)。耐欠損性のバラツキを調査するために、脆性破壊に対する強度を統計的に解析できるワイブルプロットを実施した結果を図1に示す。新BNC200は、従来BNC200と比較して、平均値が17%増加しているのに加え、ワイブル係数m値が大きい (傾きが大きい) ことから、従来のBNC200より新BNC200のTRSのバラツキが小さく、切削工具に適用した際の欠損に対する信頼性の向上が期待される。

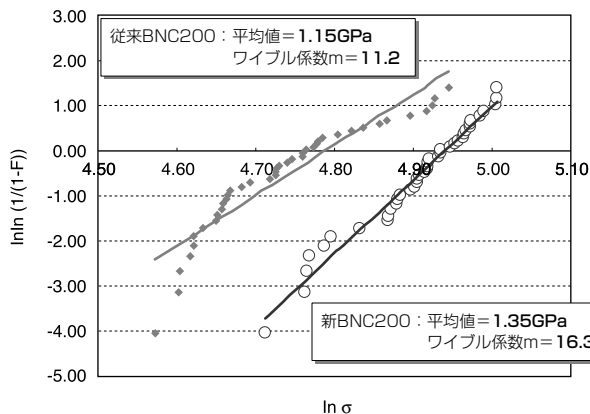


図1 TRSのワイブルプロット

4-2 切削評価方法 切削性能の評価には、新BNC200と比較用に従来BNC200と市販されている従来CBN工具を用いた。被削材は、表面を浸炭焼入処理し、表

面硬度を62HRCに調整したSCM415及び表面を高周波熱処理し、表面硬度を60HRCに調整したS55Cを使用した。SCM415を用いて、一般的な仕上げ条件で耐摩耗性を評価し、高能率条件で欠損寿命を評価した。加えて、断続切削での耐欠損性を評価するために、前記の被削材S55CにV字形状の溝加工を施した被削材による断続切削を実施した。さらに、新BNC200の高能率加工特性を調査するために、従来ノンコートCBN工具の2.25倍の加工能率で、前記の被削材SCM415にV字形状の溝加工を施した被削材による高能率断続切削を実施した。

4-3 切削結果 仕上げ条件での評価結果を図2に示す。切削性能は、逃げ面摩耗量と面粗さで評価した。新BNC200と従来BNC200は同等の性能を示した。

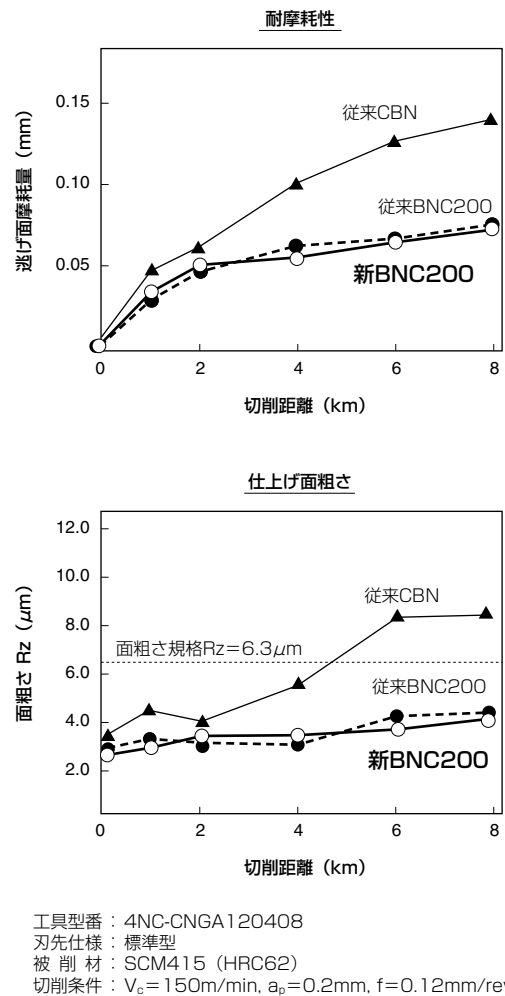
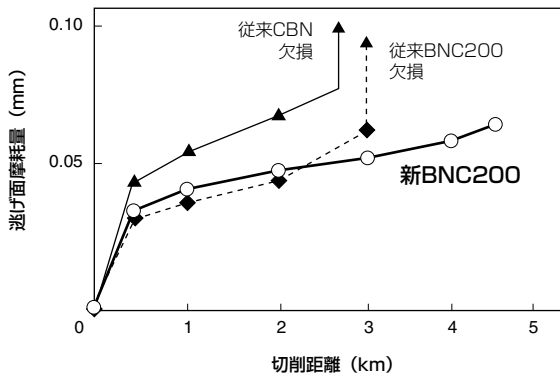


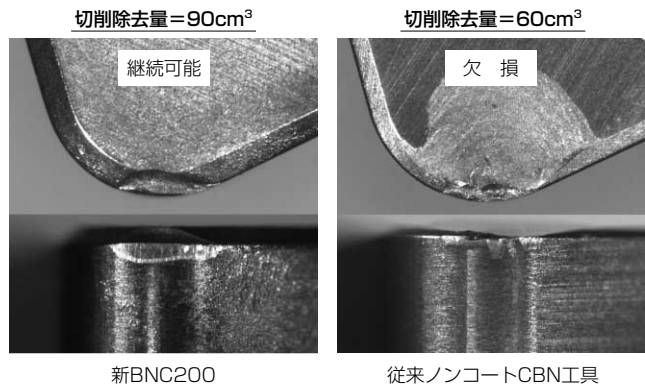
図2 仕上げ条件での切削結果

高能率条件での評価結果を図3に示す。切削性能は逃げ面摩耗量と欠損寿命で評価した。新BNC200は従来BNC200と比較して、耐摩耗性についてはほぼ同等であるが、欠損寿命は1.5倍以上を示した。



工具型番：4NC-CNGA120408
 刃先仕様：標準型
 被削材：SCM415 (HRC62)
 切削条件： $V_c=150\text{m/min}$, $a_p=0.4\text{mm}$, $f=0.2\text{mm/rev}$, dry

図3 高能率条件での切削結果



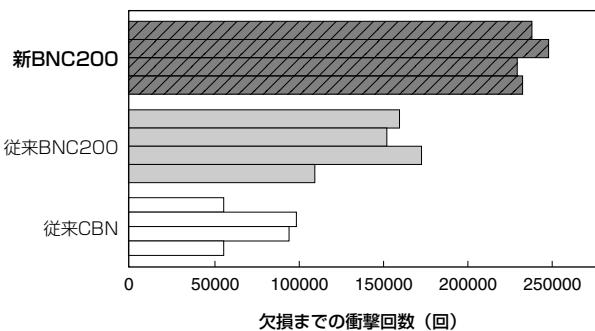
工具型番：4NC-CNGA120408
 刃先仕様：HS型
 被削材：SCM415 (HRC62)

■切削条件

材種	切削速度 V_c (m/min.)	送り量 f (mm/rev.)	切り込み a_p (mm)	加工能率 $V_c \times f \times a_p$ ($\text{cm}^3/\text{min.}$)
新BNC200	150	0.15	0.2	4.5
従来ノンコート CBN工具	100	0.1	0.2	2

図5 高能率断続切削での切削結果

断続切削での評価結果 (N=4) を図4に示す。切削性能は、欠損に至るまでの衝撃回数で評価した。新BNC200は従来BNC200と比較して、衝撃回数の平均値で1.5倍を達成した。加えて、衝撃回数の下限値は2倍以上を示し、欠損寿命のバラツキが小さく、欠損に対する信頼性が大幅に改善されていることが分かる。前者の結果は、TRSの平均値の向上、後者の結果はTRSのワイブル係数m値の向上が反映されていると推定される。



工具型番：4NC-CNGA120408
 刃先仕様：標準型
 被削材：S55C (HRC60)
 切削条件： $V_c=120\text{m/min}$, $a_p=0.15\text{mm}$, $f=0.12\text{mm/rev}$, dry

図4 断続切削での切削結果

新BNC200と従来ノンコートCBN工具を用いて、それぞれ加工能率 $4.5\text{cm}^3/\text{min.}$ 、 $2.0\text{cm}^3/\text{min.}$ で切削した際の刃先写真を図5に示す。従来ノンコートCBN工具と比較し、新

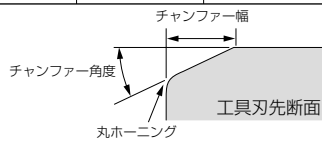
BNC200は加工能率が2.25倍であるにも関わらず、切削除去体積が1.5倍の時点でも継続可能な刃先状態を示している。このことから、新BNC200の適用により、従来ノンコートCBN工具よりも2倍以上の高能率化と1.5倍以上の長寿命化を同時に実現できることが分かる。

5. 新BNC200の刃先仕様

5-1 刃先諸元 CBN焼結体工具は、焼入鋼に代表される高硬度の被削材を切削する際の欠損を防ぐために、チャンファーと呼ばれる刃先稜線部を面取りした刃先処理を有する。新BNC200では、表2に示すような「標準型」「LS型」「HS型」の複数の刃先仕様を標準在庫としてラインナップしている。汎用性を重視した標準型は焼入鋼の一般的な仕上げ加工から粗加工まで幅広く対応できるため、新BNC200の第一推奨の刃先仕様である。LS型は、切れ味を重視してチャンファー角度を標準型より小さくし、切れ刃表面を平滑にする特殊表面処理を施した刃先処理である。LS型は、切削抵抗の低減が図れるため、優れた寸法精度が要求される焼入鋼の連続仕上げ切削で推奨される。特にIT6級の加工精度が求められるベアリング部品の連続仕上げ加工で優れた耐摩耗性を発揮し、長寿命化を実現する。HS型では、刃先強度を重視してチャンファー角度と幅を大きくし、耐欠損性を高めている。本稿では新BNC200のHS型に関して詳しく解説する。

表2 新BNC200の刃先仕様

材種	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
新BNC200	標準型	25	0.12	あり
	LS型	15	0.1	あり
	HS型	35	0.17	あり



5-2 新BNC200「HS型」の特長 新BNC200のHS型は、図6のようにチャンファー部のみCBN焼結体を露出させたユニークな刃先構造となっている。これは、工具逃げ面のコーティングにより耐摩耗性を向上する機能は維持したまま、断続切削でチャンファー部が被削材に衝突する際に発生するコーティング層の損傷を解消し、断続切削において、より安定した工具寿命を得ることを狙っている。

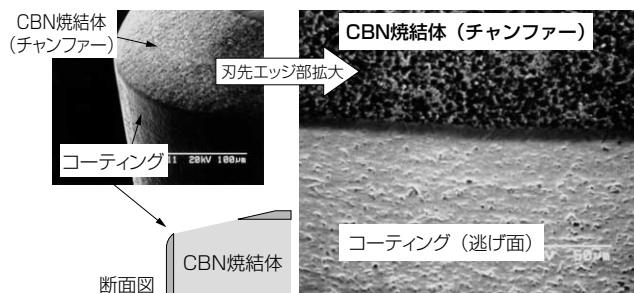


図6 新BNC200「HS型」の刃先構造

5-3 新BNC200「HS型」の切削性能 切削性能の評価には、新BNC200のHS型と比較用に新BNC200の標準型と市販されている従来CBN工具を用いた。被削材は、表面を浸炭焼入処理し、表面硬度を60HRCに調整したSCr420Hを使用した。加工部位である被削材の端面には面取り付きの穴があり断続切削となっている。評価結果を図7に示す。切削性能は、欠損に至るまでの切削距離を欠損寿命とし、新BNC200の標準型の欠損寿命を100%としたときの欠損寿命比で評価した。新BNC200のHS型は、標準型の1.3倍寿命を達成し、欠損寿命のバラツキも小さい結果となった。欠損前の同じ切削距離での刃先の損傷状態を図8に示す。標準型では、チャンファー部から刃先稜線にかけてコーティング膜が破壊し、CBN焼結体にも亀裂が伝播しているのが分かる。一方、HS型では強靱なCBN焼結体の機械的特性が反映され、チャンファー部の亀裂が少なく、

高速断続切削—面取り8穴端面	
被削材: SCr420H (60HRC)	
切削条件	
速度: 200m/min	
送り: 0.12mm/rev.	
切込み: 0.2mm Dry	
工具型番: 4NC-CNGA120408	
工具材種	欠損寿命比 (新BNC200標準型=100%)
	50 100 150
新BNC200 HS型	
新BNC200 標準型	
従来CBN	

図7 新BNC200「HS型」の切削性能

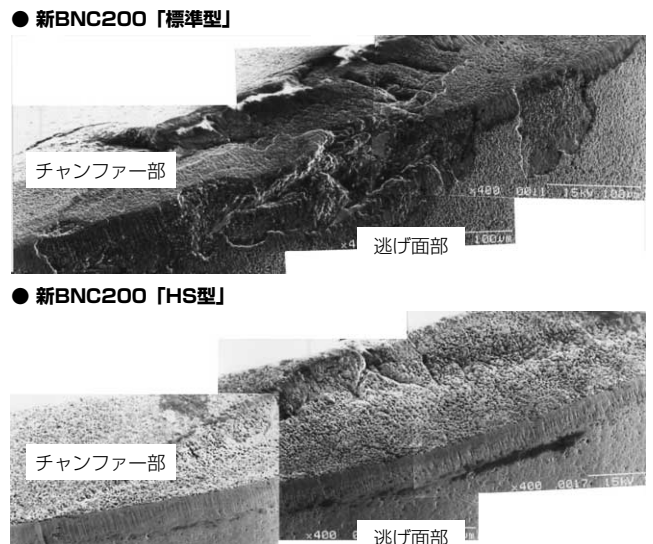
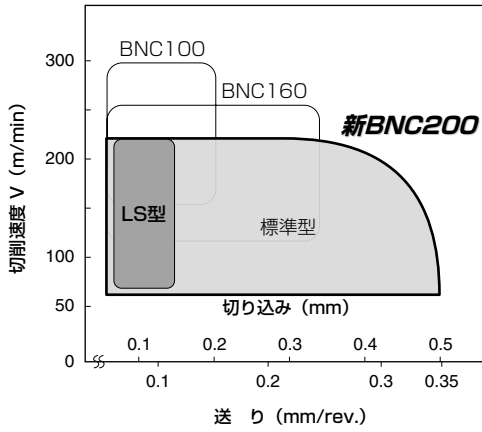


図8 刃先損傷状態 (SEM写真)

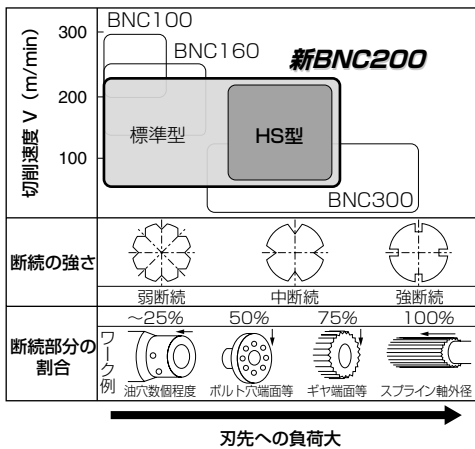
工具の逃げ面部が正常に摩耗しているのが分かる。その結果、断続切削での欠損に対する信頼性が大幅に改善され、かつ優れた耐摩耗性をも発揮することが可能となった。

6. 新BNC200の適用領域

焼入鋼の連続加工及び断続加工における新BNC200の適用領域を図9に示す。新BNC200の適用領域は切削速度50~220m/min、送り0.05~0.35mm/rev.、切り込み0.05~0.5mmであり、仕上げ加工から粗加工まで優れた切削性能



i) 連続加工における適用領域



ii) 断続加工における適用領域

図9 新BNC200の適用領域

を示す。LS型は送り0.10mm/rev.以下、切り込み0.15mm以下の連続仕上げ加工で優れた加工精度を実現する。HS型は、断続度が比較的高い中断続加工で安定した欠損寿命を実現する。最後に図10に新BNC200の使用実例を示す。新BNC200は様々な焼入鋼部品の高効率加工で、従来の工具よりもより安定して長寿命を発揮している。

以上述べてきたように新BNC200は従来材種に比較して欠損に対する信頼性が大幅に向上しており、複数の刃先仕様を適正に使用することにより、様々な焼入鋼部品の切削において高効率化とコスト削減を達成することができる。

7. 結 言

コーティドスミボロン®新BNC200の適用により、焼入鋼部品の切削加工において高効率化と長寿命化が可能である。さらに、従来は切削加工では高コストとなるため研削加工が採用されている焼入鋼部品の加工でも、安定した長

No.1 (焼入鋼浸炭除去加工)

- サンギア部品 (浸炭材HRC58-62)
- $V_c = 110\text{m/min.}$
- $f = 0.15\text{mm/rev.}$
- $a_p = 0.5\text{mm}$
- DRY
- 4NC-CNGA120408

加工数 (個)	0	100	200	300
新BNC200 標準型	切削距離 5km			
他社コーテッドCBN	突発的な欠損のため、寿命不安定			

・取り代が0.5mmと多いため欠損が発生していた。
 ・新BNC200標準型は突発的な欠損が発生せず、定数安定加工が可能になり定数を2.5倍に延長できた。

No.2 (焼入鋼断続仕上げ加工)

- ベベルギア部品 (浸炭材HRC58-60)
- $V_c = 140\text{m/min.}$
- $f = 0.15\text{mm/rev.}$
- $a_p = 0.15\text{mm}$
- DRY
- 4NC-DNGA150408

加工数 (個)	0	50	100	150
新BNC200 標準型	切削距離 3.5km			
他社CBN	突発的な欠損のため、寿命不安定			

・ギアの断続部を切削時に欠損が発生していた。
 ・新BNC200標準型は突発的な欠損が発生せず、定数安定加工が可能になり、2倍寿命を達成した。

No.3 (焼入鋼穴付き端面断続加工)

- シャフト部品 (浸炭材HRC59-64)
- $V_c = 80\text{m/min.}$
- $f = 0.15\text{mm/rev.}$
- $a_p = 0.5\text{mm}$
- DRY
- 4NC-CNGA120412HS

加工数 (個)	0	50	100
新BNC200 HS型	切削距離 8km		
従来コーテッドCBN	突発的な欠損のため、寿命不安定		

・加工部位に穴が複数あり、取り代が0.5mmと多いため、欠損が発生していた。
 ・新BNC200HS型は突発的な欠損が発生せず、定数安定加工が可能になり定数を1.6倍に延長できた。

No.4 (焼入鋼穴付き端面断続加工)

- リングギア (浸炭材HRC58-60)
- $V_c = 100\text{m/min.}$
- $f = 0.1\text{mm/rev.}$
- $a_p = 0.2\text{mm}$
- DRY
- 4NC-CNGA120412HS

穴径φ9 (面取りあり)
面粗度 Rz=6.3μm

加工数 (個)	0	50	100	150	200
新BNC200 HS型	切削距離 11.5km 安定加工				
他社コーテッドCBN	突発的な欠損のため、寿命不安定				

・加工部位に穴が12個あり、穴の断続部で突発的に欠損が発生し、面粗さ不良が多く発生していた。
 ・新BNC200HS型は突発的な欠損が発生せず、定数安定加工が可能になり、面粗さ不良の発生を大幅に低減できた。

図10 新BNC200の使用実例

寿命により切削化を実現することができる。今後、新BNC200による切削加工の高能率化や、研削加工の切削化が拡大し、環境問題の解決や大幅なコスト低減に貢献していくことが期待される。

参 考 文 献

- (1) 原他、「スミポロンBN200の性能」、住友電気、第113号、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、75 (2001)
- (3) 岡村他、「焼入鋼連続加工用スミポロン®BN350、BNC300の開発」、SEIテクニカルレビュー、第165号、87 (2004)
- (4) 岡村、「セラミックス被覆cBN焼結体工具スミポロンBNCシリーズによる高速切削加工」、ツールエンジニア、12月号、42 (2007)
- (5) 寺本他、「焼入鋼高速加工用スミポロン®BNC100、高精度加工用スミポロン®BNC160の開発」、SEIテクニカルレビュー、第172号、89 (2008)

執 筆 者

岡村 克己*：住友電気ハードメタル(株)
ダイヤモンド技術開発部
CBN工具の開発・設計に従事



久木野 暁：住友電気ハードメタル(株) ダイヤ技術開発部 主席
深谷 朋弘：住友電気ハードメタル(株) ダイヤ技術開発部 グループ長

*主執筆者