

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

寺本三記*・岡村克己・久木野 暁
深谷朋弘

Development of SUMIBORON® BNC100 for High-Speed Cutting and SUMIBORON® BNC160 for High-Precision Cutting of Hardened Steel — by Minori Teramoto, Katsumi Okamura, Satoru Kukino and Tomohiro Fukaya — Cubic boron nitride (cBN) shows high levels of hardness and thermal conductivity second only to diamond and has a low affinity to ferrous metals. Cutting by polycrystalline cBN(PCBN) tool “SUMIBORON®”, which is produced by binding cBN particles with a special ceramic binder, has many advantages over conventional grinding process. Recently, the increasing global awareness of environmental issues has induced demands for high-speed and high-precision cutting. In order to satisfy such demands, new PCBN grades BNC100 and BNC160 have been developed. High-speed cutting at 250 m/min or higher and high-precision cutting with a surface roughness (Rz) of 1.6 μm and the tolerance class IT6 can be achieved using BNC100 and BNC160. The features and cutting performances of these new grades are described in this report.

1. 緒 言

立方晶窒化硼素 (cBN) はダイヤモンドに次ぐ高硬度・高熱伝導率を示し、鉄系金属との反応性が低いという特徴を有する。cBN粉末を特殊セラミック結合材が焼結させたcBN焼結体工具「スミボロン®」は従来研削加工で行なわれていた焼入鋼などの高硬度材の切削加工を可能とした工具である⁽¹⁾。最近では、地球環境問題に対する意識の高まりを背景に、消費電力の低減が可能な高速切削加工や、従来研削加工が主体であった高精度加工用途における、研削スラッジなどの産業廃棄物の削減を目的とした切削化のニーズが高まっている。

このようなニーズに対応するべく、切削速度300m/minの高速加工においても優れた耐摩耗性を発揮し、長寿命加工を可能とする焼入鋼高速加工用材種「BNC100」と、面粗度規格がRz = 1.6μm、かつ寸法精度がIT6級の加工をも可能とする焼入鋼高精度加工用材種「BNC160」を開発した。以下にその特徴と性能について述べる。

2. BNC100、BNC160の特長と形状

2-1 BNC100、BNC160の構造と材種の特長 図1にスミボロン®のチップの外観とその刃先断面を示す。スミボロン®はcBN焼結体を超硬台金にろう付けすることにより形成され、刃先稜線部にはチャンファーを有している。最近ではこのcBN焼結体チップにセラミックをコーティングし、高機能化したチップが主流となっており^{(2),(3)}、その構造は図1に示すように、底面が超硬で構成されているcBN焼結体をろう付けしているもの (b) と、cBN焼結体

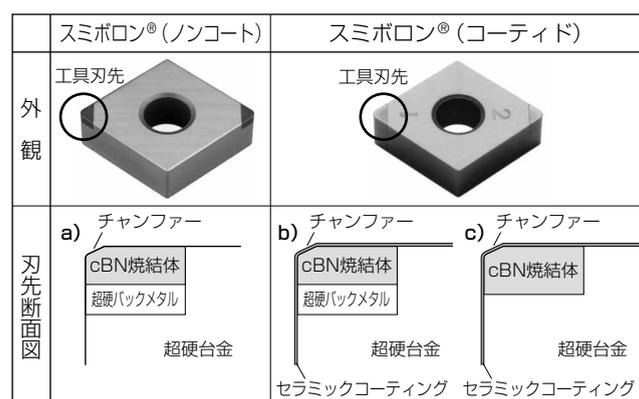


図1 スミボロン®の外観と工具刃先断面図

を直接台金にろう付けしているもの (c) があり、BNC100は (b)、BNC160は (c) の構造を有している。

BNC100とBNC160及び従来材種の材種仕様を表1に、物理特性を表2に示す。BNC150 (コーティド) とBNX10 (ノンコート) は高速加工用の従来材種であり、BNC80 (コーティド) は高精度加工用の従来材種である。

高速加工用材種であるBNC100は、cBN含有率が約40vol%で、cBN平均粒径が1μmの微粒組織を特長とする新開発の専用母材にTiAlNとTiCNを主成分とする特殊セラミックをコーティングすることにより、特に切削速度200~300m/minの高速加工領域において優れた耐摩耗性を発揮する。

表1 BNC100、BNC160の材種仕様

用途	材種	セラミックコーティング (PVD)		cBN焼結体		
		膜種	膜厚 [μm]	cBN含有率 [vol%]	cBN粒径 [μm]	結合材
高速加工用	BNC100	TiAlN + TiCN	2	40 - 45	1	TiN
	BNC150	TiCN	2	45 - 50	2	TiN
	BNX10	-	-	40 - 45	3	TiCN
高精度加工用	BNC160	TiAlN + TiCN	2	60 - 65	3	TiN
	BNC80	TiN	2	60 - 65	3	TiN

表2 BNC100、BNC160の物理特性

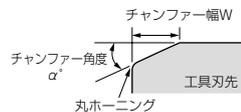
材種	硬度 [GPa]	抗折力 (TRS) [GPa]
BNC100	29 - 32	1.05 - 1.15
BNC150	29 - 32	1.00 - 1.10
BNX10	27 - 31	0.80 - 0.90
BNC160	31 - 33	1.10 - 1.20
BNC80	31 - 33	1.00 - 1.10

一方、高精度加工用材種であるBNC160は、平均粒径3 μmのcBN粒子を約60vol%含有する新開発の専用母材に、BNC100と同様のTiAlNとTiCNからなる複合セラミックコーティングを適用している。これにより、BNC160はBNC80、及びBNC100を凌ぐ耐欠損性と、中～高速加工領域においてBNC100に匹敵する耐摩耗性を両立させている。

2-2 BNC100、BNC160の刃先仕様 cBN焼結体工具は、一般的に高硬度の被削材を切削する際の欠損を防ぐ為に、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。表3に示す「標準型」「LS型」「HS型」の複数の刃先仕様をBNC100、及びBNC160に適用することにより、多種多様な用途に対応でき、新材種の切削性能を最大限に発揮することが可能となる。LS型は切れ味を重視した刃先処理で、チャンファー角度を小さくし、切れ刃表面を平滑にする特殊処理を施したことを特長とする。HS型はチャンファー角度を大きくすることにより、耐欠損性を改善した刃先処理である。

表3 BNC100、BNC160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
BNC100	標準型	25	0.12	あり
	LS型	15	0.17	あり
BNC160	標準型	25	0.12	あり
	LS型	20	0.10	あり
	HS型	30	0.17	あり

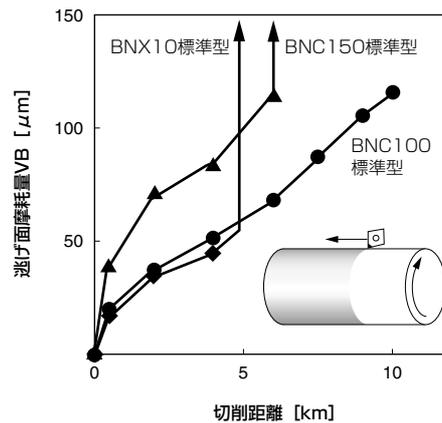


3. BNC100、BNC160の切削性能

3-1 高速加工用材種BNC100の切削性能

(1) 耐摩耗性評価

BNC100と、比較のためにBNC150とBNX10を用いて、耐摩耗性を評価した。浸炭焼入鋼SCM415 (HRC58-62)を被削材とし、切削速度250m/minの高速条件での外径切削を実施した。また、刃先処理は全てチャンファー角度が25°の標準型に統一した。逃げ面摩耗量VBの測定結果を図2に示す。



工具型番：4NC-CNGA120408

刃先処理：

材種	刃先処理	チャンファー角度	チャンファー幅	丸ホーニング
BNC100	標準型	25°	0.12mm	あり
BNC150	標準型	25°	0.12mm	あり
BNX10	標準型	25°	0.12mm	なし

被削材：SCM415 (HRC58-62) 丸棒

切削条件： $V_c = 250\text{m/min}$, $a_p = 0.1\text{mm}$, $f = 0.1\text{mm/rev}$, dry

図2.BNC100高速加工の耐摩耗性評価

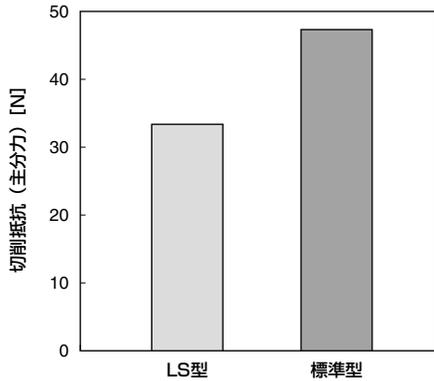
BNC100の逃げ面摩耗量はBNC150と比較して40%低減されている。これは、BNC100の焼結体が、鉄との親和性の低いTiNを主成分とする結合材の割合が高いことに加え、さらに耐摩耗性に優れた新開発の特殊セラミックコーティングを有している効果による。

また、BNC100の欠損寿命はBNC150と比較して30%以上、BNX10と比較して50%以上改善されている。これは、

BNC100が微粒cBNで構成される微細組織を有することに加えて、粒子間結合力の高い新結合材の適用により、焼結体強度が向上していることによる。

(2) 刃先処理評価

標準型とLS型のBNC100を用いて、連続切削を行い、切削抵抗と耐摩耗性評価した。切削抵抗を図3に、逃げ面摩耗量VBの測定結果を図4に示す。LS型の切削抵抗は、標準型と比較して30%低減され、また、LS型の逃げ面摩



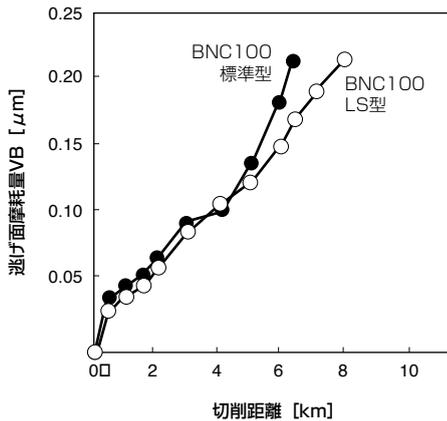
工具型番：3NC-TPGW110304

刃先処理：

型番	チャンファー角度	チャンファー幅	丸ホーニング
LS型	15°	0.17mm	あり
標準型	25°	0.12mm	あり

被削材：SCM420 (HRC55-57)
 切削条件： $V_c=150\text{m/min}$, $a_p=0.08\text{mm}$, $f=0.07\text{mm/rev}$, dry

図3 BNC100 刃先仕様と切削抵抗



工具型番：4NC-CNGA120408

刃先処理：

型番	チャンファー角度	チャンファー幅	丸ホーニング
LS型	15°	0.17mm	あり
標準型	25°	0.12mm	あり

被削材：SCM415 (HRC60-62)
 切削条件： $V_c=200\text{m/min}$, $a_p=0.1\text{mm}$, $f=0.1\text{mm/rev}$, dry

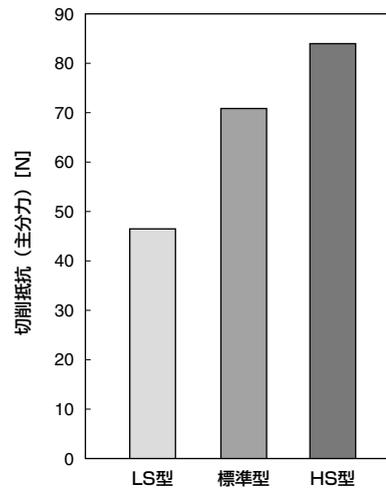
図4 BNC100 刃先仕様と逃げ面摩耗量

耗量も、標準型と比較して20%低減されている。これはLS型の低抵抗特性により、切削時の刃先への負荷が低減されたためと推定している。LS型の適用により安定した寸法精度を維持しながらの長寿命化が可能となる。

3-2 高精度加工用材種BNC160の切削性能

(1) 刃先処理と切削抵抗

図5にBNC160の各種刃先処理の切削抵抗を測定した結果を示す。LS型はチャンファー角が20°と切れ味に優れ、切削抵抗が最も小さい。HS型はチャンファー角が30°と大きく、強度重視の刃先処理である。標準型はチャンファー角が25°で、最も汎用性に優れる。



工具型番：3NC-TPGW110304

刃先処理：

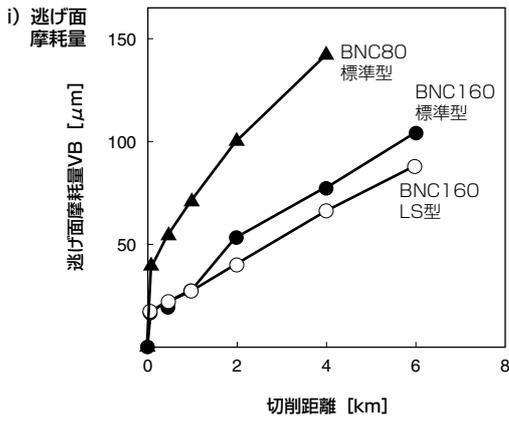
型番	チャンファー角度	チャンファー幅	丸ホーニング
LS型	20°	0.10mm	あり
標準型	25°	0.12mm	あり
HS型	30°	0.17mm	あり

被削材：SCM420 (HRC58-62)
 切削条件： $V_c=150\text{m/min}$, $a_p=0.08\text{mm}$, $f=0.07\text{mm/rev}$, dry

図5 BNC160 刃先仕様と切削抵抗

(2) 高精度加工評価

このうち、BNC160のLS型は高精度加工で最も優れた切削性能を発揮する。図6にBNC160のLS型と標準型、及びBNC80の耐摩耗性と面粗度を比較した結果を示す。浸炭焼入鋼SCM415 (HRC58-62)を被削材とし、切削速度200m/minでの外径切削を実施した。LS型の適用により、BNC80対比で、逃げ面摩耗量が30%低減され、面粗度の安定性も同等以上である。これは、新開発の特殊セラミックコーティングが、BNC80に適用されているTiNからなる特殊コーティングと同様に、前切れ刃境界部の摩耗を平滑に進行させ、面粗度を改善させる特長を有することに加え、耐摩耗性においてTiN特殊コーティングより優れることによる。



工具型番：4NC-CNGA120408

刃先処理：

材 質	刃先処理	チャンファー角度	チャンファー幅	丸ホーニング
BNC160	標準型	25°	0.12mm	あり
BNC160	LS型	20°	0.10mm	あり
BNC80	標準型	20°	0.10mm	あり

被削材：SCM415 (HRC58-62) 丸棒

切削条件： $V_c=200\text{m/min}$, $a_p=0.1\text{mm}$, $f=0.1\text{mm/rev}$, dry

ii) 面粗度

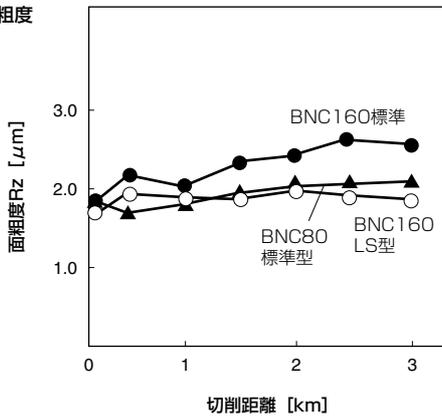


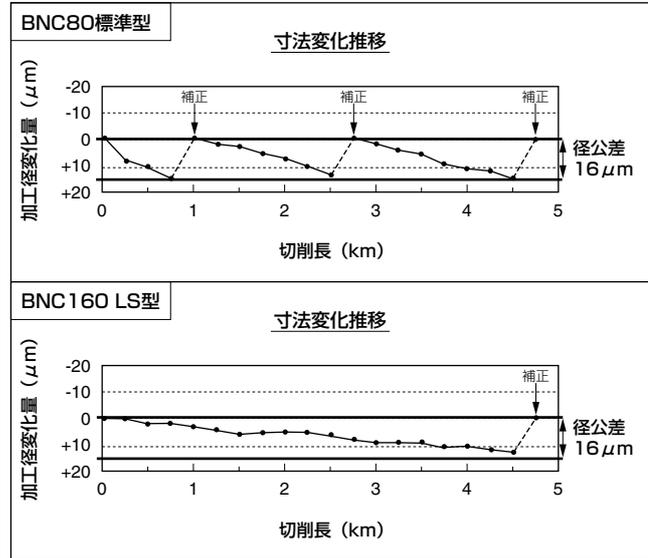
図6 BNC160の耐摩耗性評価と仕上げ面粗度評価

図7にBNC160のLS型とBNC80で加工精度を評価した結果を示す。BNC160は優れた耐摩耗性により、刃先の後退量が小さく、切削抵抗も低いために被削材の加工径変化を抑制できる。IT6級の寸法公差の加工においても、寸法補正の回数が少なく、安定した高精度加工が可能である。

BNC160の標準型は図6の結果から分かるように、良好な面粗度を安定して達成でき、耐摩耗性も優れている。標準型は刃先強度がLS型よりも高いので、要求面粗度が $Rz=3.2\mu\text{m}$ 程度で加工能率も要求される一般的な仕上げ加工において特に優れた性能を発揮する。

BNC160のHS型は高能率加工で最も優れた性能を発揮する。図8にBNC160のHS型、標準型とBNC80の高能率加工における耐摩耗性、耐欠損性を評価した結果を示す。HS型はBNC80と比較して逃げ面摩耗量を30%低減し、欠損寿命を80%改善できた。さらに、BNC160の標準型と比較

しても、欠損寿命を50%改善できる。HS型は刃先強度が標準型よりもさらに改善されているので、浸炭層除去加工などの高送りや大切り込みの高能率加工においても優れた性能を発揮する。



工具型番：4NC-CNGA120408

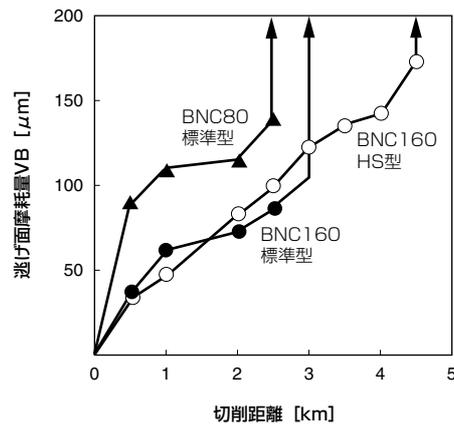
刃先処理：

材 質	刃先処理	チャンファー角度	チャンファー幅	丸ホーニング
BNC160	LS型	20°	0.10mm	あり
BNC80	標準型	20°	0.10mm	あり

被削材：SCM415 (HRC58-62) $\phi 40$ 丸棒

切削条件： $V_c=200\text{m/min}$, $a_p=0.1\text{mm}$, $f=0.1\text{mm/rev}$, dry

図7 BNC160刃先仕様と加工径変化量



工具型番：4NC-CNGA120408

刃先処理：

材 質	刃先処理	チャンファー角度	チャンファー幅	丸ホーニング
BNC160	標準	25°	0.12mm	あり
BNC160	HS型	30°	0.17mm	あり
BNC80	標準型	20°	0.10mm	あり

被削材：SCM415 (HRC58-62) 丸棒

切削条件： $V_c=150\text{m/min}$, $a_p=0.15\text{mm}$, $f=0.25\text{mm/rev}$, dry

図8 高能率加工における刃先仕様の影響

5. 適用領域

焼入鋼の連続、断続、及び高精度加工におけるスミボロン®の推奨領域を図9に示す。BNC100は切削速度120～300m/min、送り0.03～0.20mm、切り込み0.03～0.30mmで使用可能であり、高速領域における仕上げ切削において優れた性能を示す。また、BNC160は切削速度120～

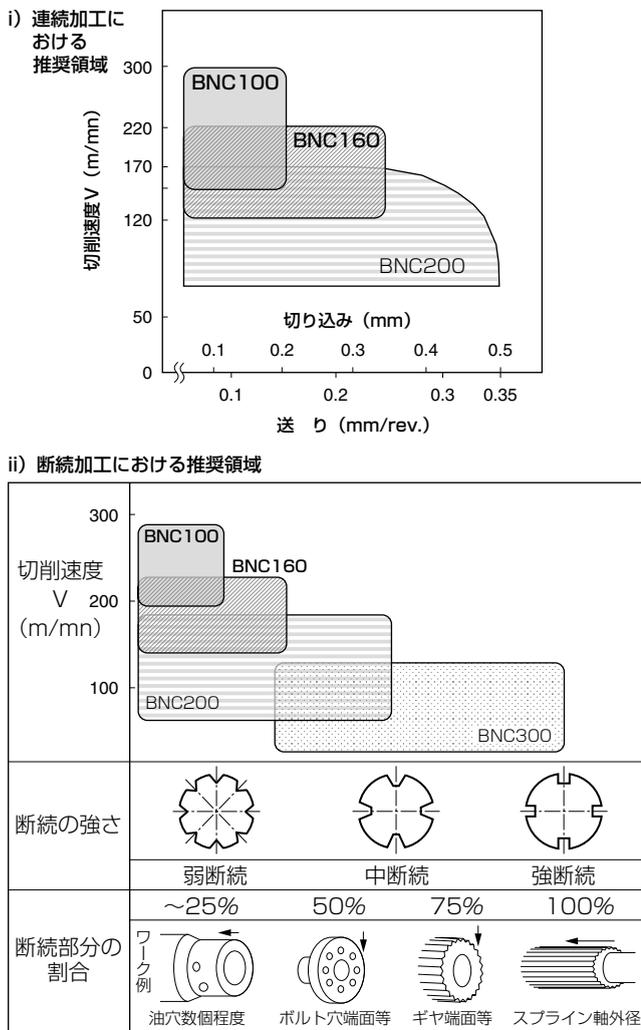


図9 スミボロン®使用適用領域

250m/min、送り0.03～0.20mm、切り込み0.03～0.35mmで使用可能であり、LS型は中速領域における寸法や面粗度の精度が必要である仕上げ切削において優れた性能を示し、汎用性の高い標準型やHS型の選定により切り込みや送りが大きく、高負荷の加工にも適用可能である。切削液に関して、連続切削では乾式、湿式共に適用可能で、断続切削では乾式条件で、切削性能が向上する。

6. 使用実例

図10にBNC100の使用実例を示す。No.1は $V_c = 250\text{m/min}$ の高速切削条件によるプラネタリギア部品の内径加工の実例である。BNC100標準型は従来材種と比較して欠損寿命を1.4倍に向上させることができた。No.2はシャフト部品の外径加工の実例である。セラミックス工具に対して、加工の高速化が可能となり、生産能率を1.5倍に向上しただけでなく、10倍の工具寿命を達成した。No.3は寸

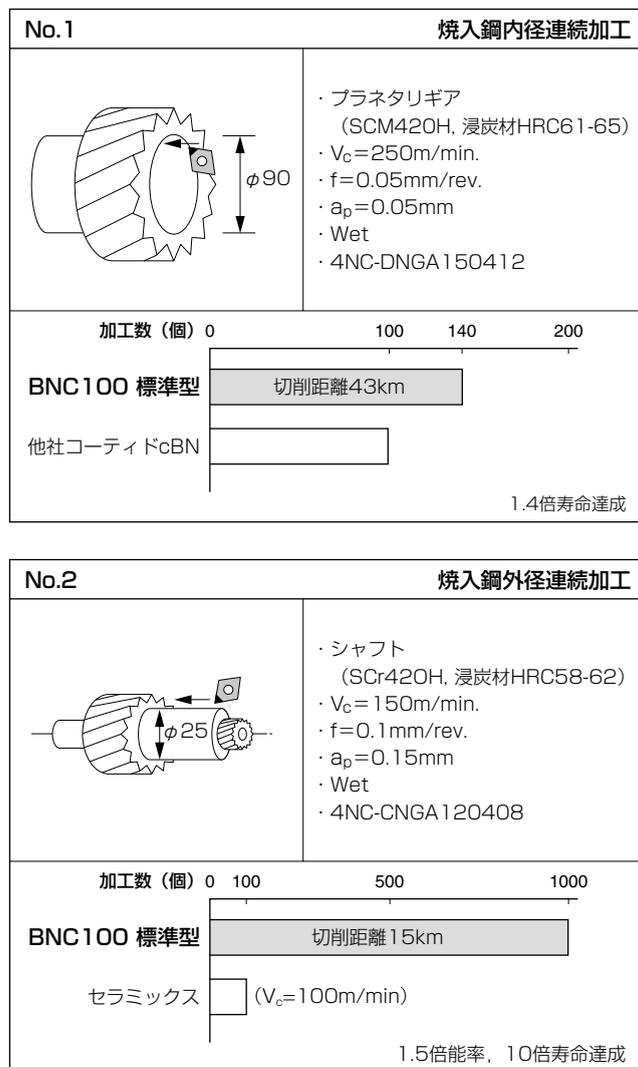


図10 BNC100の使用実例(1)

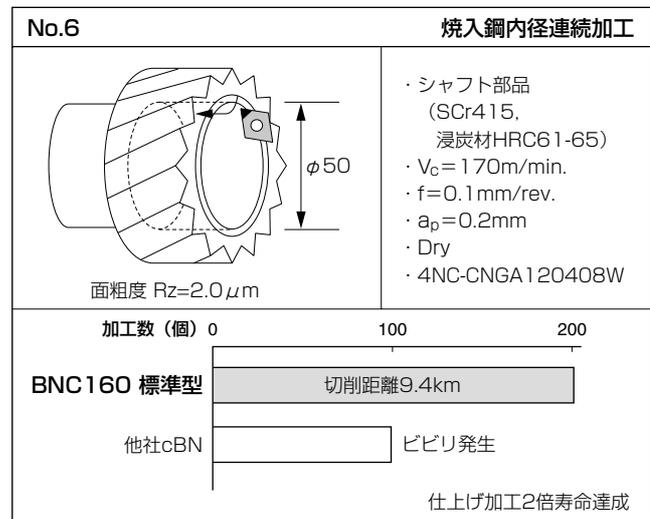
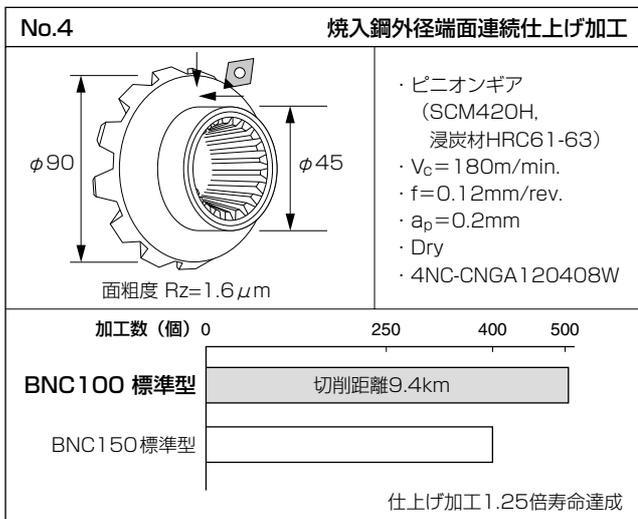
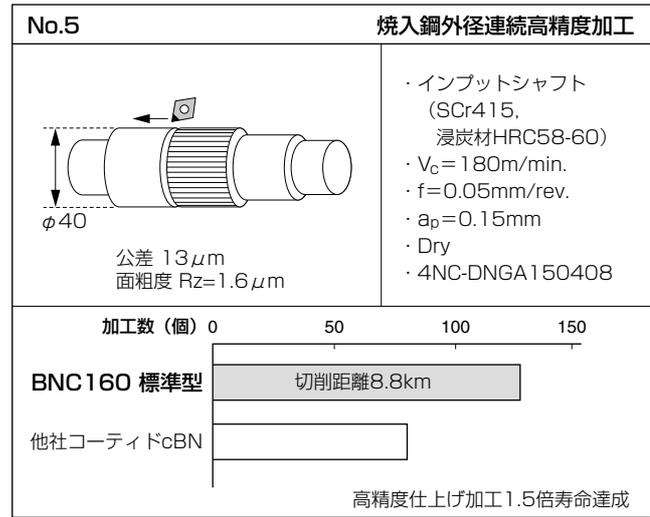
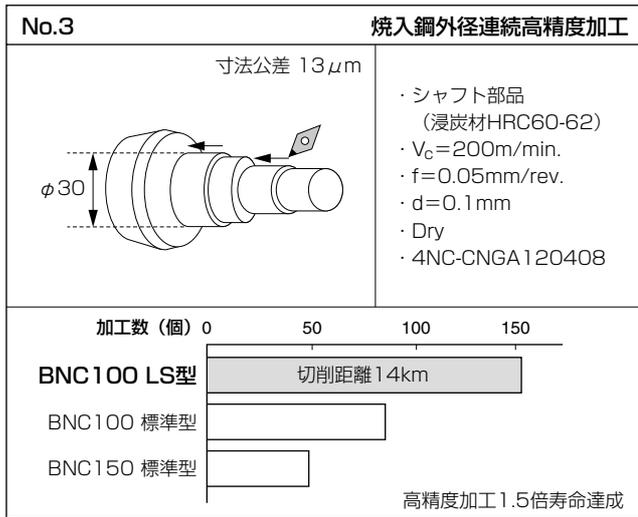


図 10 BNC100の使用実例 (2)

図 11 BNC160の使用実例 (1)

法公差 $13\mu\text{m}$ のシャフト部品の外周加工の実例である。要求精度に対し、BNC100のLS型を適用することで、安定した加工を可能とし、BNC100標準型の1.5倍寿命を達成した。No.4は面粗度規格が $Rz=1.6\mu\text{m}$ のピニオンギア部品の外径端面加工である。面粗度が安定しにくい従来材種に対し、BNC100のワイパー形状の工具を適用することで、高エネルギーで安定加工が可能となり、BNC150の1.25倍の寿命を達成した。

図 11 に BNC160 の使用実例を示す。No.5 は $Rz=1.6\mu\text{m}$ の面粗度と IT6 級の寸法公差規格のインプットシャフト部品の外径加工の実例である。BNC160 標準型は従来材種と比較して 1.5 倍の寿命を達成した。No.6 は面粗度規格が $Rz=2.0\mu\text{m}$ のサンギア部品の内径加工の実例である。従来材種ではビビリが発生したのに対し、BNC160 標準型では優れた耐摩耗性により、2 倍の寿命を達成できた。No.7 は面粗度規格が $Rz=1.6\mu\text{m}$ のシャフト部品端面加工である。BNC160 標準型は BNC80 標準型と比較して耐摩耗

性が優れることで長寿命化できたが、更に、BNC160 の LS 型により良好な面粗度を安定して達成し、1.5 倍の寿命を達成した。No.8 は送り量 0.13mm/rev の高能率加工と、面粗度規格が $Rz=1.6\mu\text{m}$ の混合であるシャフト部品の外径加工である。BNC80 標準型では高能率加工の際に欠損が発生していたことに対し、BNC160 の標準型では 1.3 倍寿命を達成できたが、微小チッピングが発生した。BNC160 の HS 型では正常摩耗であり、BNC80 の 2 倍寿命を達成した。

7. 結 言

焼入鋼高速加工用材種の BNC100 は $V_c=250\text{m/min}$ 以上の高速加工で従来工具の 1.5 倍以上の寿命を発揮する。また、焼入鋼高精度加工用材種の BNC160 は面粗度規格 $Rz=1.6\mu\text{m}$ 、かつ IT6 級の高精度加工を可能とする。これらにより消費電力の低減と、研削の切削化による環境対応が進み、さらに生産コストの低減に貢献できるものと考えられる。

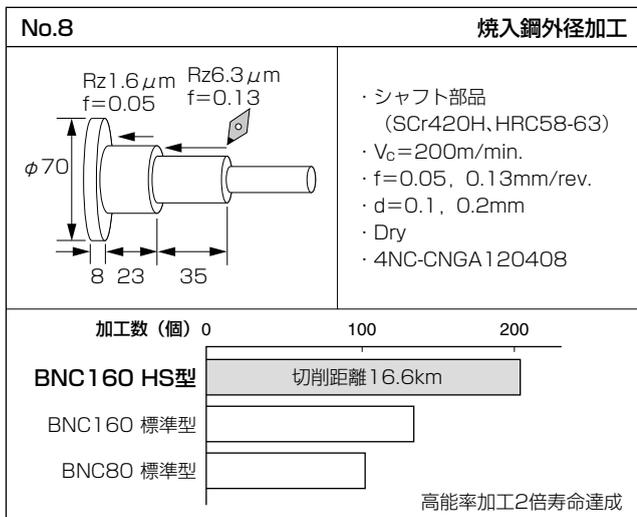
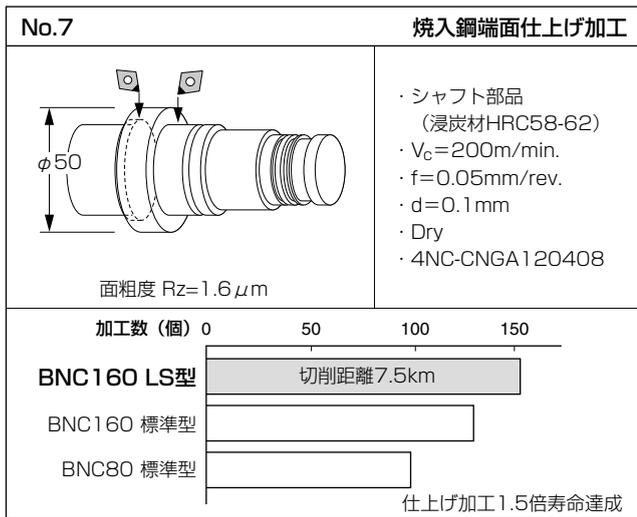


図 11 BNC160の使用実例 (2)

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)

執 筆 者

寺本 三記* : 住友電工ハードメタル(株) ダイヤ技術開発部
 岡村 克己 : 住友電工ハードメタル(株) ダイヤ技術開発部
 久木野 暁 : 住友電工ハードメタル(株) ダイヤ技術開発部 主席
 深谷 朋弘 : 住友電工ハードメタル(株) ダイヤ技術開発部 グループ長

*主執筆者