

# 安定長寿命を実現した焼入鋼加工用 コーテッドスミボロン® BNC2010/BNC2020

Coated SUMIBORON® BNC2010/BNC2020 for  
Hardened Steel Machining Realizing Long and Stable Tool Life

松田 裕介\*  
Yusuke Matsuda

諸口 浩也  
Hironari Moroguchi

月原 望  
Nozomi Tsukihara

岡村 克己  
Katsumi Okamura

瀬戸山 誠  
Makoto Setoyama

深谷 朋弘  
Tomohiro Fukaya

近年自動車産業では新興国へのライン移管が加速し、ラインの無人化や少人数でラインを運用する場合が増加しているため、切削工具に対して『寿命安定化と長寿命化』の強い要求がある。今回この要求に応えるため、焼入鋼加工用コーテッドスミボロン® BNC2010とBNC2020を開発した。BNC2010は耐境界摩耗性を改善しており、面粗度規格の厳しい高精度加工においても長寿命化を達成できる。BNC2020は耐欠損性とコーティングの耐剥離性を改善しており、焼入鋼の連続から中断続までの様々な加工で寿命安定化と長寿命化を実現する。本報ではBNC2010とBNC2020の特長と性能について述べる。

In the automotive industry, a trend is seen that in line with the acceleration of automakers' transferring production in developing countries, an increasing number of production lines are unmanned or operated by small number of persons. For that reason, there are strong demands for cutting tools having long and stable tool life. To satisfy such demands, we have developed coated SUMIBORON® BNC2010/BNC2020. Compared with conventional cutting tools, the coated SUMIBORON® BNC2010 has improved in notch-wear resistance and achieves long tool life even in high-precision cutting of strict surface roughness criteria. The BNC2020 has improved in breakage resistance and peeling resistance of the coating layer and achieves long and stable tool life in continuous and interrupted machining. This report describes the advantages and cutting performance of BNC2010/BNC2020.

キーワード：PCBN、焼入鋼、高精度、汎用、PVDコーティング

## 1. 緒 言

CBN<sup>\*1</sup>（立方晶窒化硼素）は、ダイヤモンドに次ぐ高い硬度と熱伝導率を示し、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を特殊セラミックス結合材で結合させたCBN焼結体を世界で初めて開発し、1977年に焼入鋼加工用CBN焼結体工具スミボロン®を製品化した。さらに2000年にはCBN焼結体にPVD<sup>\*2</sup>コーティング技術を用いて耐熱性の高いセラミックコート被覆し、耐摩耗性を大幅に改善したコーテッドスミボロン®を製品化し、従来研削加工が主体であった焼入鋼加工の切削化を始め、焼入鋼の高精度・高能率加工を実現し、主に自動車産業における生産性向上とコスト低減に貢献してきた。

近年自動車産業では新興国へのライン移管が加速し、ラインの無人化や少人数でラインを運用する場合が増加しているため、切削工具に求められる特性がこれまでの『高能率化』から『寿命安定化と長寿命化』に変化してきている。また部品の高機能化のため高精度加工の要求も高まっており、このような要求に応えるべく、従来のコーテッドスミボロン®シリーズを大幅に上回る安定長寿命を実現するコーテッドスミボロン® BNC2010とBNC2020を開発した。以下に同材種の特長および切削性能について報告する。

## 2. 焼入鋼加工における課題

コーテッドCBN工具は図1に示すように、硬度・破壊靱性に優れたCBN焼結体母材の表面に耐熱性・耐酸化性に優れたセラミックコーティングを施すことで、刃先への負荷や切削温度が高い焼入鋼加工においても長寿命を実現できる。しかしセラミックコーティングはCBN焼結体に対して硬度・破壊靱性が低く、機械的な負荷を受けると機械的摩耗や剥離を生じる。一方で焼入鋼部品はその製造過程で成形、熱処理を施され、必要な形状や耐久性を付与されるが、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）の

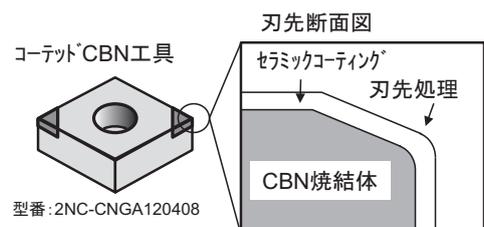


図1 コーテッドCBN工具の構造

バラつきが生じる場合があり、さらに加工に用いられる旋盤やホルダー、チャックなどツーリング全体の剛性も焼入鋼加工において十分でない場合があるため、加工時に工具刃先へ不連続な負荷が加わり、上記の機械的摩耗や剥離がしばしば短寿命や不安定寿命の要因となる。

図2にユーザーでの焼入鋼加工における損傷形態の分類を示す。面粗度規格Rz3.2<sup>※3</sup>以下程度の高精度加工では、理論面粗度を小さくするため送り量fを低く設定する 경우가多く、特に切り屑厚みが薄くなる前境界部で刃先に負荷が集中し、境界摩耗が大きく発達する。図3に示すように、旋削加工においては境界摩耗が加工面に転写され、面粗度悪化の原因となるため、境界摩耗の抑制が長寿命化のポイントとなる。図2で面粗度規格Rz6~14の汎用加工では高精度加工より高い送り量、切込み量で加工する場合や、断続部を含むワークを加工する場合があります、断続の衝撃によるクレーター欠損や膜剥離からのチッピングが不安定寿命の要因となる。

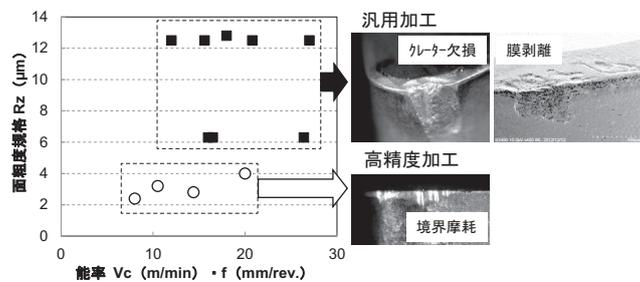


図2 焼入鋼加工における損傷形態

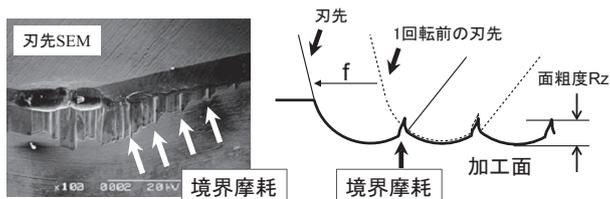


図3 旋削加工における境界摩耗と面粗度の関係

今回開発に成功した高精度加工用材種BNC2010は耐境界摩耗性を改善したことで良好な面粗度を長時間維持することが可能となった。また汎用材種BNC2020は耐欠損性・膜の安定性を改善したことで、様々な加工環境において安定長寿命を実現できる。その結果、不定期な工具交換の必要性がなくなり、長時間の無人加工を可能にし、大幅な生産性の向上と加工コスト削減を実現した。

### 3. BNC2010とBNC2020の特長

#### 3-1 BNC2010とBNC2020の材料特性

BNC2010とBNC2020の仕様を従来材種BNC100、BNC160、BNC200と共に表1に、また物理特性を表2に示す。CBN焼結体はCBN粒子の含有率や粒径、結合材の組成を用途に応じて適宜調整することで狙いの耐摩耗性、耐欠損性を実現している。

図4にBNC2010とBNC2020のCBN焼結体の模式図を示す。BNC2010とBNC2020は結合材中の不純物を極限まで低減することで摩耗や欠損の起点をなくし、耐摩耗性、耐欠損性の底上げを実現した。さらにBNC2010は高速加工から弱断続加工で高い耐摩耗性が得られるようCBN含有率を設定し、耐摩耗性に優れた高純度TiCN結合材を採用した。BNC2020は従来材種に対しCBNを粗粒化し、また高純度TiN結合材を使用することで熱伝導率と破壊靱性を向上させた。

表1 BNC2010とBNC2020の仕様

用途	材種	CBN焼結体			セラミックコーティング	
		CBN含有率 (%)	CBN粒径 (μm)	結合材	膜種	膜厚 (μm)
高精度加工用	<b>BNC2010</b>	<b>50-55</b>	<b>2</b>	<b>TiCN</b>	<b>TiCN+特殊多層</b>	<b>1.5</b>
	BNC100	40-45	1	TiN	TiAlN+TiCN	2
	BNC160	60-65	3	TiN	TiAlN+TiCN	2
汎用	<b>BNC2020</b>	<b>70-75</b>	<b>5</b>	<b>TiN</b>	<b>TiAlN+特殊密着層</b>	<b>1.5</b>
	BNC200	65-70	4	TiN	TiAlN	2

表2 BNC2010とBNC2020の物理特性

用途	材種	硬度HV (GPa)	抗折力 (GPa)	破壊靱性 (MPa·m <sup>1/2</sup> )	熱伝導率 (W/m·K)
高精度加工用	<b>BNC2010</b>	<b>30-32</b>	<b>1.10-1.20</b>	<b>5.5-6.0</b>	<b>40-60</b>
	BNC100	29-32	1.05-1.15	5.0-5.5	40-60
	BNC160	31-33	1.10-1.20	6.0-6.5	55-75
汎用	<b>BNC2020</b>	<b>34-36</b>	<b>1.20-1.30</b>	<b>7.0-7.5</b>	<b>65-85</b>
	BNC200	33-35	1.15-1.25	6.5-7.0	60-80

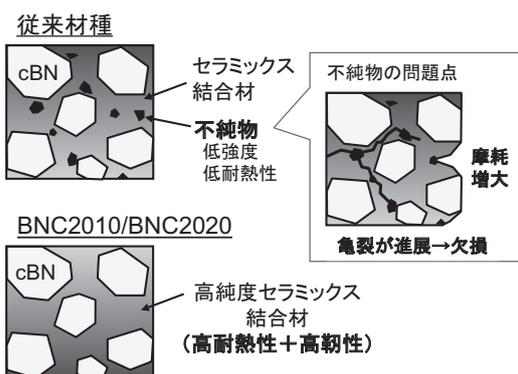


図4 BNC2010とBNC2020のCBN焼結体

セラミックコーティングは膜種や膜厚、構造を変化させることで様々な機能を付与することができる。図5にBNC2010

とBNC2020のコーティングの断面図を示す。BNC2010は境界摩耗を抑制する効果の高い組成で構成された特殊多層膜を3層配置し、境界摩耗発達を遅延させる効果をもたせた3層構造のセラミックコーティングを有する。BNC2020は耐摩耗性の高いTiAlN膜とCBN焼結体の間に特殊密着層を有し、膜の安定性を向上させたセラミックコーティングを有する。

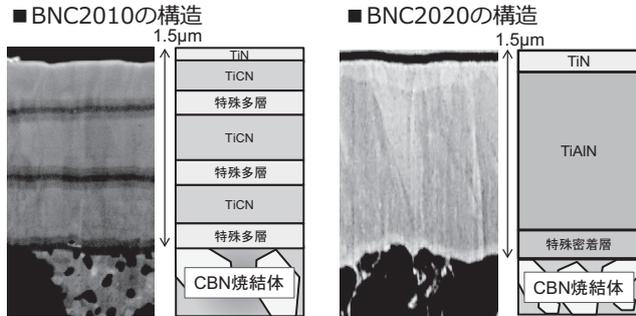
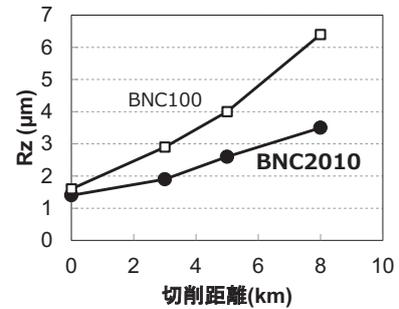


図5 BNC2010とBNC2020のコーティング

BNC100と比較し、良好な面粗度が維持され、面粗度規格がRz3.2の加工を想定した場合、寿命は約2倍となった。図8に8km加工時点の刃先損傷形態と加工面の粗さ曲線の比較を示す。BNC2010はBNC100と比較して境界摩耗が小さく抑制されているため加工面の凹凸が小さく、良好な面粗度を示すことができる。



SCM415HRc58-62 (連続切削)  
4NC-DNGA150408  
Vc=160m/min, f=0.08mm/rev., ap=0.1mm, WET

図7 BNC2010の高精度加工評価結果

### 3-2 BNC2010とBNC2020の形状

BNC2010とBNC2020では図6に示すように汎用性の高い『標準型』と刃先強化タイプの『HS型』をラインナップしており、被削性と部品形状が多岐にわたる焼入鋼加工において、特に優れた切削性能を発揮する。耐久損性と切れ味のバランスに優れた標準型は第一推奨の刃先処理であり、HS型はチャンファー角度と幅を大きくすることにより刃先近傍に発生する応力が緩和され、断続加工において欠損を抑制でき、安定長寿命を達成できる。

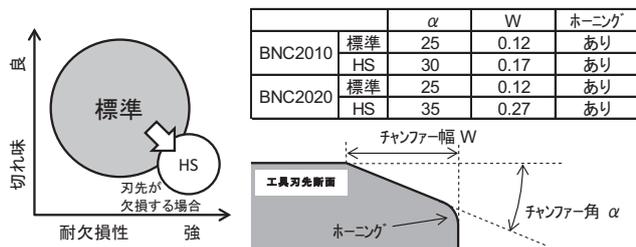


図6 BNC2010とBNC2020の刃先処理仕様

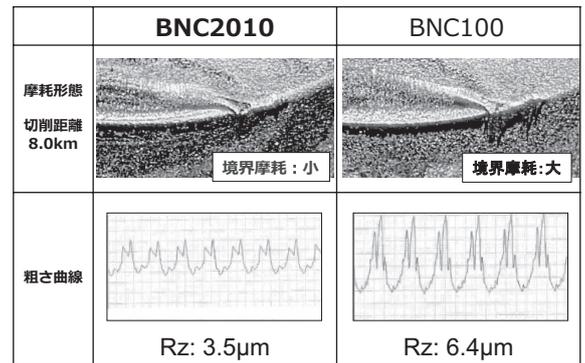


図8 BNC2010と従来材種の比較

### 4-2 断続加工評価 (BNC2020)

図9に浸炭焼入鋼の断続切削においてBNC2020と従来材種BNC200、他社材種との比較をN=3回で行った結果を示す。評価はV形状の溝が5本入ったワークを使用し、0.2mm以上の欠損が発生した時点で寿命と判断した。BNC2020はBNC200と比較し1.8倍、他社材種と比較し3倍の寿命を実現した。BNC2020はCBN焼結体の破壊靱性が高いため、断続加工において欠損するまでの寿命が最も長くなったと考える。

## 4. BNC2010とBNC2020の切削性能

### 4-1 高精度加工評価 (BNC2010)

図7に浸炭焼入鋼の連続加工において、BNC2010と従来材種BNC100との比較を行った結果を示す。BNC2010は

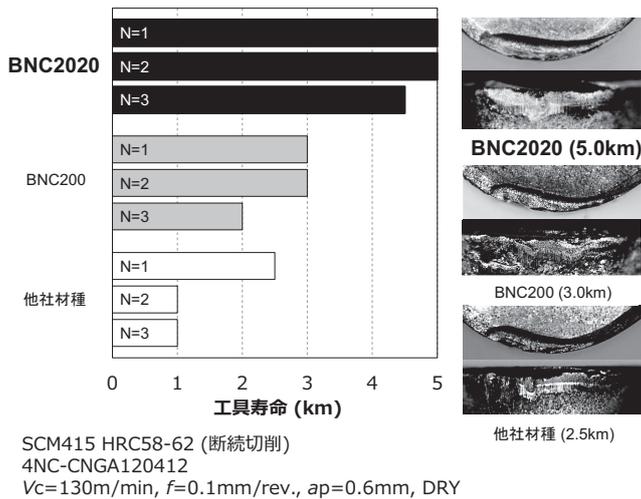


図9 BNC2020の断続加工評価結果

#### 4-3 コーティング剥離評価 (BNC2020)

図10に浸炭焼入鋼のワークに工具を何度も繰り返し接触させる、耐剥離性の加速評価にてBNC2020と従来材種BNC200、他社材種との比較を行った結果を示す。1000回接触させた後のコーティング剥離面積で比較した。N=3回の平均値で比較した結果、BNC2020はBNC200と比較し1/3、他社材種と比較し1/6に剥離が抑制される結果となった。BNC2020は特殊密着層を適用することで耐剥離性が大幅に向上しているためと考える。

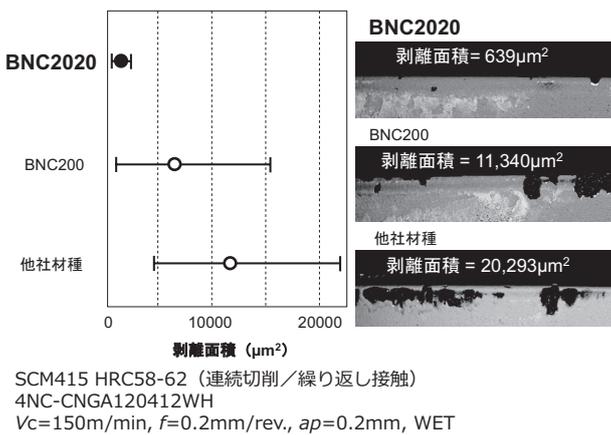


図10 BNC2020のコーティング剥離評価結果

#### 4-4 連続加工評価 (BNC2020)

図11に浸炭焼入鋼の連続加工において、BNC2020と従来材種BNC200との比較を行った結果を示す。BNC2020

はBNC200と比較し、面粗度規格がRz3.2の加工を想定した場合、寿命は約1.5倍となった。3km時点の刃先損傷を比較すると、BNC2020はBNC200と比較して境界摩耗が小さく抑制されているため、良好な面粗度を示すことが分かる。BNC2020は特殊密着層の適用によりコーティングの耐剥離性が向上しており、切り屑厚みが薄くコーティングに機械的摩耗が発生し易い境界部においても膜が保持され、機能することで境界摩耗が抑制されていると推定する。

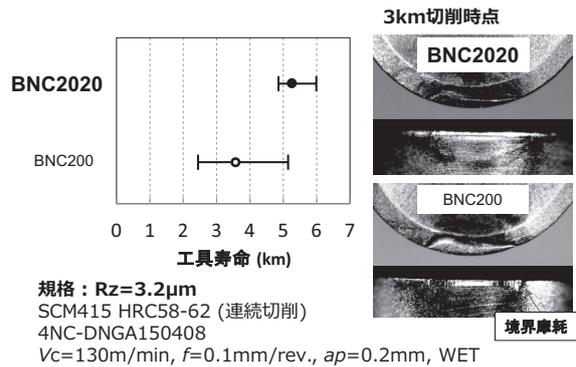


図11 BNC2020の連続加工評価結果

### 5. BNC2010とBNC2020の適用領域

焼入鋼加工におけるコーテッドCBN材種の適用領域を図12に示す。BNC2020は連続加工から中断続加工までの幅広い領域で使用可能な汎用材種である。強断続加工では従来材種BNC300が推奨となる。BNC2010は連続加工から弱断続加工までの高速領域に適用でき、特に高精度加工(面粗度規格Rz3.2以下)で性能を発揮する。

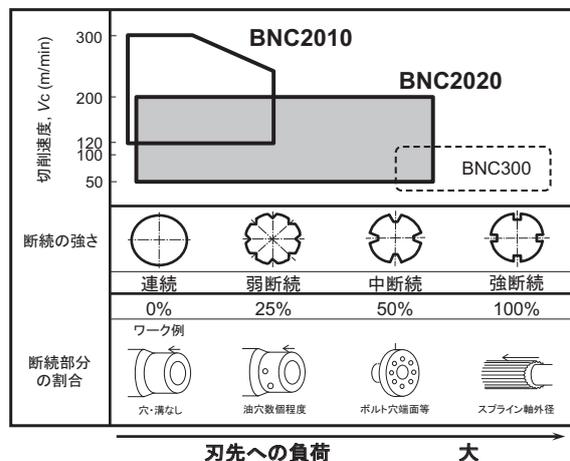


図12 コーテッドCBNの適用領域

## 6. BNC2010とBNC2020の使用事例

図13～17にBNC2010とBNC2020の使用事例を示す。

図13は面粗度規格Rz1.6の高精度加工におけるBNC2010の事例である。BNC2010はWHワイパーと組み合わせることでRz1.6の加工でも安定して長寿命を実現できる。

図14は面粗度規格Ra0.6 (Rz2.4に相当) の高精度加工の事例である。BNC2010は優れた面粗さを長時間維持し、BNC100対比2倍以上の長寿命を達成した。

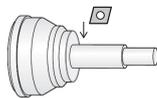
図15は断続加工におけるBNC2020の事例である。BNC200は200個で欠損により寿命に至っていたのに対し、BNC2020は1.5倍の300個寿命を達成した。さらにHS刃先処理品は300個加工時点でも欠損がなく、さらなる寿命延長が可能であった。

図16は浸炭除去加工におけるBNC2020の事例である。浸炭除去加工は浸炭焼入れにより高硬度となった層を切込み量0.5mm程度の高負荷条件で除去する工程で、非常に難易度の高い加工であるが、BNC2020はBNC200に対し1.5倍、他社材種に対し3倍の長寿命を達成した。

図17は連続加工におけるBNC2020の事例である。本加工では剛性の低い旋盤を使用しており、刃先のコーティング剥離が問題となっていたが、BNC2020では剥離が抑制され、BNC200に対し約2倍の寿命を実現した。

以上述べてきたようにBNC2010は高精度加工において良好な面粗度が長時間維持され長寿命化が可能である。また

### CVJアウターレース端面仕上げ加工



規格：Rz 1.6 $\mu$ m  
ワーク材質：S53C (HRC58-63)  
Vc=150m/min, f=0.2mm/rev  
ap=0.2mm, Dry  
4NC-CNGA120412WH

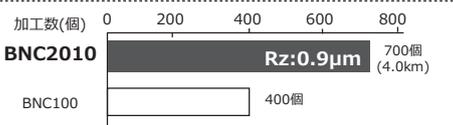


図13 BNC2010の使用事例①

### メインシャフト外径仕上げ加工



規格：Ra 0.6 $\mu$ m  
ワーク材質：20NiCrMo2-2  
Vc=200m/min, f=0.1mm/rev  
ap=0.35mm, Dry  
4NC-DNGA150408

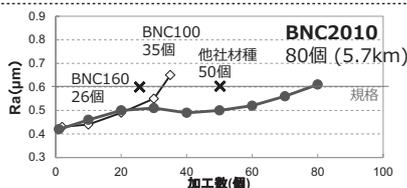
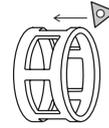


図14 BNC2010の使用事例②

### CVJケーシング外球仕上げ加工



規格：Ra 0.8 $\mu$ m  
ワーク材質：21NiCrMo2 (HRC60)  
Vc=120m/min  
f=0.1mm/rev  
ap=0.15, Dry  
4NC-TNGA160420

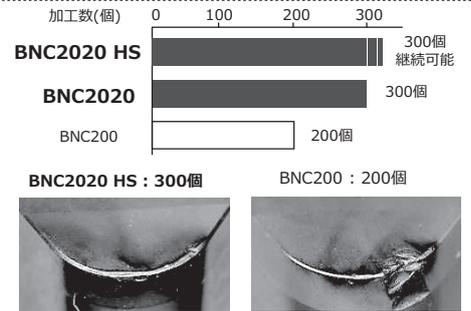
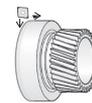


図15 BNC2020の使用事例①

### サンギア浸炭除去加工



規格：寸法  
ワーク材質：SCR420 (HRC60)  
Vc=100m/min  
f=0.15mm/rev  
ap=0.5mm, Wet  
4NC-CNGA120408

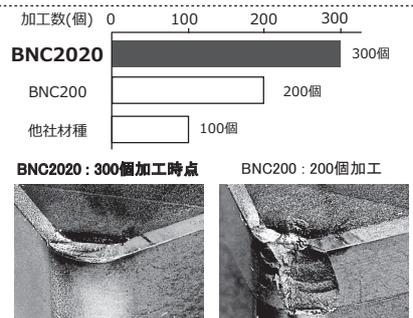
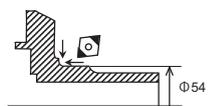


図16 BNC2020の使用事例②

### ハブ端面外径仕上げ加工



規格：Ra 1.6 $\mu$ m・寸法精度19 $\mu$ m  
ワーク材質：S58C (HRC58-60)  
Vc=105m/min  
f=0.12mm/rev  
ap=0.2, Wet  
4NC-DNGA150412NSV

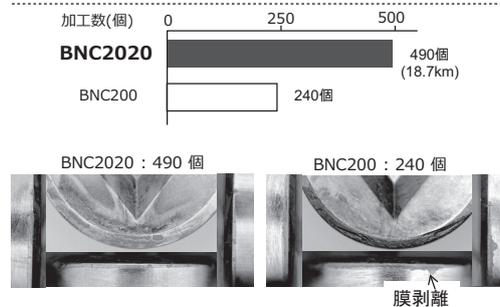


図17 BNC2020の使用事例③

BNC2020は断続加工や、刃先への負荷が高い加工など様々な加工において欠損やコーティング剥離に対する信頼性が大幅に向上しており、長寿命を安定して実現できる。

## 7. 結 言

BNC2010とBNC2020の適用により、焼入鋼部品の切削加工において要求される寿命安定化、長寿命化に応えることができると思う。今後BNC2010とBNC2020による寿命改善を拡大することで、生産性の向上や製造コスト削減に貢献できるものと期待される。

## 用語集

### ※1 CBN

cubic boron nitride: ダイヤモンドと同じ結晶構造を有する人工物質で、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。

### ※2 PVD

physical vapor deposition: 物理反応を利用した薄膜を形成する蒸着法の一つ。

### ※3 Rz

十点平均粗さ。面粗度規格の一つで、単位は $\mu\text{m}$ 。

## 参 考 文 献

- (1) 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)
- (2) 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)
- (3) 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)
- (4) 原田 他、「焼入鋼加工用スミボロン® BN1000/BN2000の開発」、SEIテクニカルレビュー第178号、pp.104- (2011)

## 執 筆 者

松田 裕介\* : 住友電工ハードメタル(株)  
超高压マテリアル開発部



諸口 浩也 : 住友電工ハードメタル(株)  
超高压マテリアル開発部



月原 望 : 住友電工ハードメタル(株)  
超高压マテリアル開発部



岡村 克己 : 住友電工ハードメタル(株)  
超高压マテリアル開発部 グループ長



瀬戸山 誠 : 住友電工ハードメタル(株)  
超高压マテリアル開発部 主幹



深谷 朋弘 : 住友電工ハードメタル(株)  
超高压マテリアル開発部 部長



\*主執筆者