

# 超微細多結晶 CBN ホイールの研削特性

横内 正洋（機械・材料技術部 材料物性グループ）

横田 知宏（情報・生産技術部 試作加工グループ）

市田 良夫（CBN&amp;D ナノ加工研究所）

## 1. はじめに

近年開発された超微細多結晶 cBN 砥粒は結晶粒径が約  $0.3\sim0.4\mu\text{m}$  と細かいため一般的な単結晶 cBN 砥粒よりも破壊強度が高く、耐摩耗性に優れた特性を有している<sup>1)~3)</sup>。このため、多結晶 cBN ホイールは一般の鉄鋼材料をはじめ、高硬度鋼や耐熱合金等の難削材の研削加工にも有効である。また、多結晶 cBN の結晶粒径が細かいため、同じ粒度の単結晶 cBN よりも切れ刃として作用する刃先領域が小さく、切れ刃の数も多い。このことは、同じ粒度の cBN 砥粒でも、実質的には粒度が細くなることを意味しており、工作物の面品位を高める仕上げ加工に有効であると考えられる。一般的に鏡面研削に用いられる cBN 粒度は #325 以上の細かい砥粒が用いられているが、微粒の砥石は目詰まりを起こしやすく、また、ドレッシング等の影響が研削現象に大きく影響するため、工作物の表面粗さを維持しにくい。一方で、cBN 粒度が粗いと工作物の表面粗さが大きくなる傾向がある。粗粒の cBN ホイールによって工作物の表面粗さの向上を図ることができれば、目詰まりによるドレッシング回数を減らすことができるため、安定した研削加工を長時間維持することができる。

そこで本研究では、比較的粒度が大きい #140 の超微細多結晶 cBN ホイールを用いて高硬度材の鏡面研削加工を実施し、同じ粒度の一般的な単結晶 cBN ホイールとの比較を行い、その研削特性を評価することを目的とした。

## 2. 実験方法

表 1 に実験に用いた砥石の諸元とドレッシング条件を示す。使用した cBN ホイールは #140 の超微細多結晶 cBN 砥粒(cBN-UX)と単結晶 cBN 砥粒(cBN-M)を用いたメタルボンドホイールである。図 1 に今回使用した砥石表面の cBN 砥粒の SEM 観察像を示す。図中(a)の cBN-UX 砥粒では 1 つの粒内に  $0.3\sim0.4\mu\text{m}$  の結晶粒に起因した微細な凹凸が見られる。一方で(b)cBN-M ではこうした凹凸は観察されない。鏡面加工を実現するためには、微細な切れ刃が作用する cBN-UX 砥粒が有効であると考えられる。実験は横軸平面研削盤による平面研削加工でプランジカットを行い上向き削りでの評価を行った。ドレッシングは WA スティックで行った後にインプリドレッサで最終ドレッシングを行った。

表 2 に研削条件を示す。被削材には SKH51 を HRC65 に調質したものを、工作物速度と切り込み深さを変化

表 1. 砥石の諸元とドレッシング条件

|                    |                                                                        |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Grinding method    | Plunge surface grinding, up cut                                        |
| Grinding wheel     | CBN140N100M<br>Dimensions : $\phi 200\times t10\text{mm}$              |
| cBN grain          | Ultrafine polycrystalline cBN-UX<br>Monocrystalline cBN-M              |
| Dressing condition | WA stick (WA#220G)<br>Impregnated dresser(#100)2 $\mu\text{m}\times 2$ |

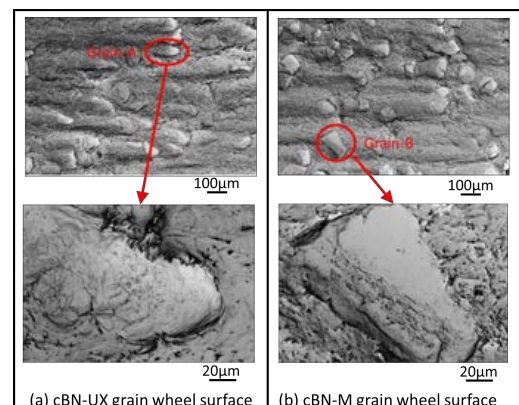
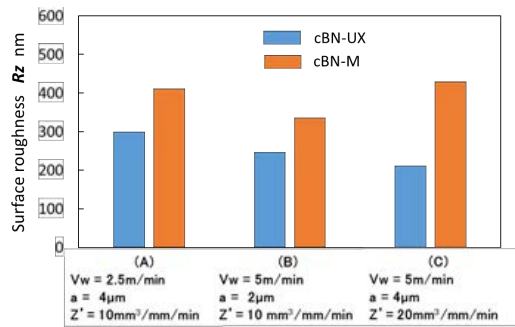
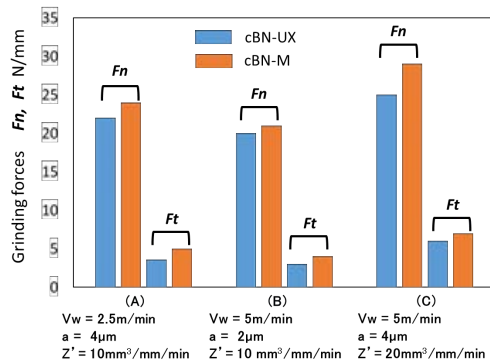
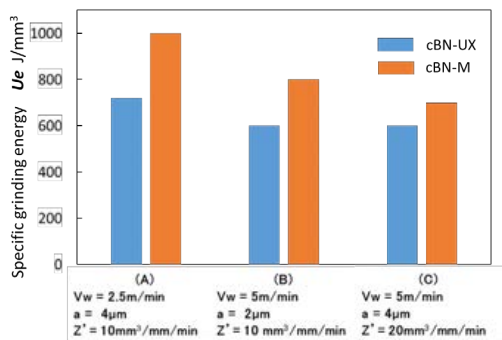
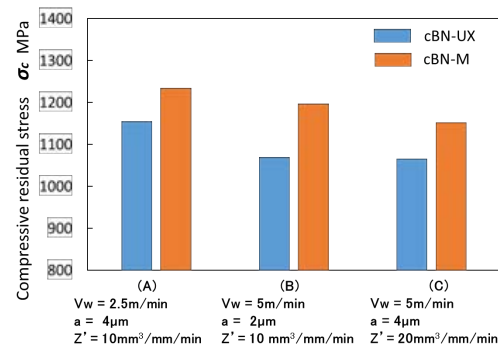


図 1. cBN ホイールの SEM 観察像

表 2. 研削条件

|                                                                |                                             |     |     |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----|-----|
| Grinding condition                                             | (A)                                         | (B) | (C) |
| Work speed $V_w$ (m/min)                                       | 2.5                                         | 5   | 5   |
| Wheel depth of cut $a$ ( $\mu\text{m}$ )                       | 4                                           | 2   | 4   |
| Stock removal rate $Z'$ ( $\text{mm}^3/\text{mm}/\text{min}$ ) | 10                                          | 10  | 20  |
| Peripheral wheel speed $V_s$ (m/min)                           | 2000                                        |     |     |
| Grinding with (mm)                                             | 5                                           |     |     |
| Work piece                                                     | SKH51 HRC65<br>100 $\times$ 5 $\times$ 30mm |     |     |
| Grinding fluid                                                 | Soluble 5% dilution                         |     |     |

させた(A)、(B)、(C)の3つの条件で行った。評価項目として単位砥石幅当たりの法線研削抵抗  $F_n(\text{N}/\text{mm})$ と接線研削抵抗  $F_t(\text{N}/\text{mm})$ をキスラーの切削動力計で測定した。また、工作物表面粗さ  $R_z(\text{nm})$ と X 線による工作物表面の残留応力  $\sigma_c(\text{MPa})$ をそれぞれ測定した。

図2. 表面粗さ  $R_z$  への影響図3. 研削抵抗  $F_n$ ,  $F_t$  への影響図4. 比研削エネルギー  $U_e$  への影響図5. 残留応力  $\sigma_c$  への影響

### 3. 実験結果

図2に表2で設定した研削条件でcBN-UXとcBN-Mホイールを使用し、平面研削加工した工作物表面粗さを示す。今回設定した3つの条件全てにおいて、cBN-UXホイールで研削加工した工作物表面粗さはcBN-Mホイールで研削加工した時よりも小さく、かつ  $R_z=300$  nm以下の表面粗

さを得ることが出来た。特に今回設定した研削条件の中で最も研削能率の高い(C)条件(研削除去率  $Z'=20$  mm<sup>3</sup>/mm/min)で研削した工作物表面粗さは210 nmを示し、最も表面粗さが良い結果となった。このことは、cBN-UXホイールが高効率な加工条件においても高精度な研削加工が実現可能であることを示唆している。

図3に各研削条件での単位砥石幅当たりの法線研削抵抗  $F_n$  と接線研削抵抗  $F_t$  を示す。研削抵抗においてもcBN-Mホイールに比べ、cBN-UXホイールのほうが低い値を示した。

図4に各研削条件での比研削エネルギーを示す。比研削エネルギーについてもcBN-UXホイールはcBN-Mホイールに比べ比研削エネルギーが小さく、より少ないエネルギーで研削加工が可能となっていることが分かる。

図5に工作物表面の残留応力測定結果を示す。X線による残留応力の測定については、工作物長手方向について測定を行った。工作物表面の残留応力についてもcBN-UXホイールはcBN-Mホイールに比べ残留応力が約100 MPa程度低い値を示した。これは、図3の結果からcBN-Mホイールに比べcBN-UXホイールは研削抵抗が低い状態で研削加工が行われたため、工作物に過度な抵抗がかからなかったためであると考えられる。

以上のことから、cBN-UXホイールはcBN-Mホイールに比べ研削抵抗および比研削エネルギーが小さい状態での研削加工が可能であり、その結果として工作物表面の残留応力が低く、表面粗さも小さいことから、高硬度鋼の鏡面研削加工に有効であることが明らかになった。この理由の1つとして、図1に示した砥石表面のcBN砥粒の形状の違いが挙げられる。すなわち、cBN-UXで見られた微細な多結晶粒子に起因する凹凸が微細な切れ刃となり、研削抵抗の低減や工作物表面の残留応力の低減に有効に働き、結果として工作物表面粗さの向上につながったものと考えられる。

### 4. おわりに

本研究では、比較的粒度が大きい#140の超微細多結晶cBNホイールと一般的な単結晶cBNホイールを用いて平面研削加工におけるプランジカットでの高硬度材の鏡面研削加工を実施した。明らかになったことを以下に示す。

- (1) 超微細多結晶cBNホイールを用いることにより、 $R_z=300$  nm以下の良好な鏡面研削が実現できた。特に研削除去率  $Z'=20$  mm<sup>3</sup>/mm/minで研削した工作物表面粗さは210 nmを示した。
- (2) 超微細多結晶cBNホイールは単結晶cBNホイールよりも研削抵抗が低く、比研削エネルギーや工作物残留応力についても低い値を示した。

#### 【参考文献】

- 1)市田良夫ほか: 日本機械学会論文集(C編), 62, 3 (1996) 1169-1175.
- 2)Y. Ichida: JSME J.AMDSM,2, 3 (2008) 385-395.
- 3)Y. Ichida: JSME J.AMDSM,4, 5 (2010) 1005-1014.