

# Właściwości eksploatacyjne ściernic ceramicznych z ziaren ściernych cBN o zróżnicowanej budowie

## Exploitive properties of ceramic grinding wheels with cBN abrasive grains of differential construction

ANDRZEJ GOŁĄBCZAK  
TOMASZ POBOL  
DANIELA HERMAN  
RYSZARD DĘBKOWSKI \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.445

Przedmiotem badań były dwa rodzaje ceramicznych ściernic do szlifowania otworów, różniące się odmianą zastosowanego ścierniwa: GE cBN550 i GE cBN100. Badania eksploatacyjne ściernic prowadzono metodą szlifowania wglębnego otworów pierścieni łożyskowych. Oceniano chropowatość powierzchni otworów oraz objętość zeszlifowanego materiału uzyskane przy zastosowaniu różnych prędkości posuwu promieniowego ściernicy. W zakresie przyjętych warunków procesu szlifowania stwierdzono, że wskaźniki eksploatacyjne badanych ściernic mają zbliżone wartości.

**SŁOWA KLUCZOWE:** polikrystaliczne ziarna ściernic cBN, spoiwo szklanokrystaliczne, szlifowanie wglębne otworów

*The subject of research was two kinds of ceramic grinding wheels for machining of holes made of different kind of applied abrasive grains: GE cBN550 and GE cBN100. Operational properties of grinding wheels have been carried out using internal grinding method of holes of bearing rings. In the article the roughness parameters of holes and volume of machined material achieved in different speed of radial feed of grinding wheel has been depicted. It has been ascertained, that in range of applied conditions of grinding process, operational properties of investigated grinding wheels have had very similar values.*  
**KEYWORDS:** polycrystalline cBN grains, glass crystalline binder, internal grinding, machining

Dynamiczny rozwój nowych technologii i materiałów przeznaczonych np. dla przemysłu lotniczego oraz motoryzacyjnego, uzasadnia przyspieszenie prac badawczych nad narzędziami ściernymi do ich obróbki. Aktualnie w obróbkach wykończeniowych coraz częściej dostrzega się konieczność wykorzystania materiałów supertwardych. Świadczą o tym wyniki prac badawczych publikowanych na łamach czasopism z całego świata, dotyczące eksploatacji nowoczesnych ściernic wykonanych z różnych odmian polikrystalicznego cBN [1, 2]. Przy projektowaniu takich narzędzi pod uwagę należy brać nie tylko różne odmiany ziaren ściernych, ale także właściwości spoiw ceramicznych. Właściwości te mogą być modyfikowane dzięki wykorzystaniu nowoczesnych materiałów szklanokrystalicznych z różnych układów szklotwórczych [3÷5]. Zakres wykorzystania narzędzi z cBN ze względu na wysokie koszty ich zakupu jest wciąż niewielki. Obniżenie kosztu i/lub zwiększenie trwałości może przyczynić się do powszechniejszego ich stosowania. Wydłużenie czasu za-

chowania przez ściernicę z cBN zdolności skrawnej można osiągnąć, m.in. redukując erozję ziaren ściernych poprzez nanoszenie na ich powierzchnię powłok ochronnych [6, 7]. Autorzy niniejszej pracy upatrują możliwość zwiększenia produktywności operacji szlifierskich wykonywanych ściernicami z cBN poprzez konstrukcję nowych, tańszych ściernic i pełne wykorzystanie potencjału skrawnego zastosowanego w ich budowie ścierniwa supertwardego.

### Metodyka eksperymentu

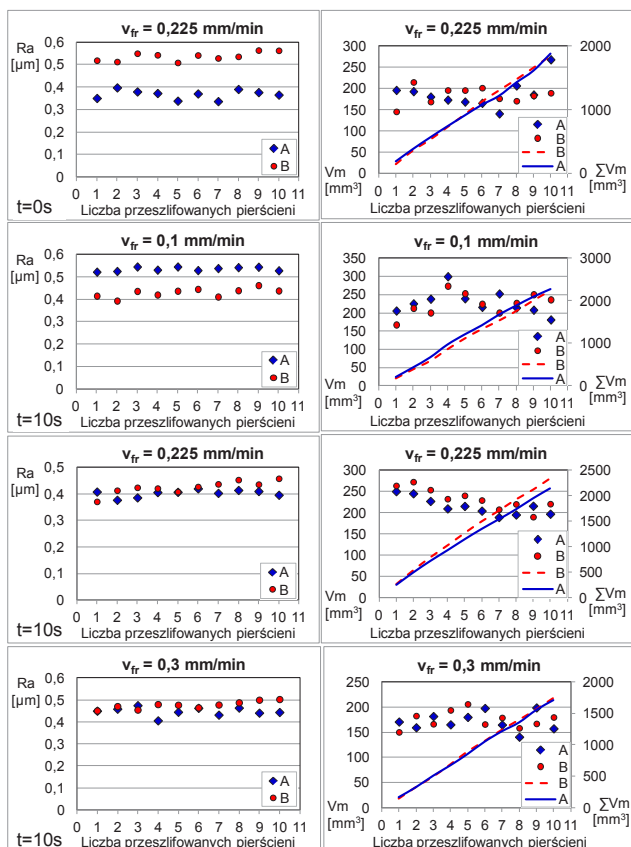
Badania miały na celu wstępną ocenę celowości wykorzystania tańszej odmiany ziarna ściernego cBN do zastosowań, w których obecnie często wykorzystuje się droższe odmiany cBN. Przedmiotem badań były ściernice wykonane z dwóch odmian polikrystalicznego ziarna ściernego: cBN550 oraz cBN100 firmy GE Superabrasives ze spoiwem szklanokrystalicznym opracowanym w Zakładzie Podstaw Nauki o Materiałach i Ceramiki Technicznej Politechniki Koszalińskiej. Jako wypełniacz zastosowano ziarno elektrokorundowe 99A firmy Norton. Wykonano ściernice A i B o charakterystykach: A: 1-30 × 20 × 10 cBN550 B126 C100 Q6 VA; B: 1-30 × 20 × 10 cBN100 B126 C100 Q6 VA. Obróbka termiczna ściernic prowadzona była w następujących warunkach: A – 980 °C/2h, B – 1000 °C/2h. Temperaturę i czas obróbki wyznaczono na podstawie wartości kąta zwilżania określonego przy użyciu mikroskopu wysokotemperaturowego firmy Leitz w zakresie temperatur 20÷1100 °C oraz badań wytrzymałości mechanicznej w warunkach statycznych. Badania wytrzymałości dynamicznej na rozerwanie ściernic wykonanych wg opisanej technologii i materiałów wykazały dwukrotnie większą wytrzymałość kompozytu, w którym zastosowano ziarno cBN 100 [8]. Badania eksploatacyjne ściernic przeprowadzono na szlifierce do otworów SOH-10, stosując metodę szlifowania wglębnego. Szlifowano pierścienie łożyskowe o wymiarach: (D × d × h) 54 × 43 × 18, wykonane ze stali 100Cr6 (63 ± 2HRC), które do obróbki z uwagi na ich małą sztywność mocowano w tulei sprężystej. Każdy pierścień po zamocowaniu poddawano szlifowaniu wstępnemu w celu usunięcia bicia promieniowego powierzchni otworu. Dla każdej ze ściernic wykonano 4 serie 10 prób szlifowania, w których stosowano różne prędkości posuwu promieniowego ściernicy i czasu pozostawiania ściernicy w styku z materiałem obrabianym po zakończeniu dosuwu promieniowego. Ściernice przed każdą serią obciążano za pomocą diamentowego obciążacza jednoziarnistego z jednakowymi wartościami parametrów obciążania: dosuw  $a_d = 0,005 \text{ mm}/2 \times \text{skok}$ ; prędkość posuwu  $v_{fd} = 20 \text{ mm/s}$ . Jako stałe parametry szlifowania przyjęto: prędkość obrotową ściernicy  $n_s = 16600 \text{ min}^{-1}$ , prędkość obrotową przedmiotu

\* Prof. dr hab. inż. Andrzej Gołąbczak (andrzej.golabczak@p.lodz.pl) – Politechnika Łódzka, Katedra Technologii Maszyn; mgr inż. Tomasz Pobol (tomasz.pobol@tu.koszalin.pl), dr hab. inż. Daniela Herman (daniela.herman@tu.koszalin.pl) – Politechnika Koszalińska; dr inż. Ryszard Dębowski (ryszard.debkowski@p.lodz.pl) – Politechnika Łódzka

obrabianego  $n_p = 180 \text{ min}^{-1}$  i dosuwu szlifowania  $a = 0,1 \text{ mm}$ . Zastosowano trzy prędkości posuwu promieniowego:  $v_{fr} = 0,1; 0,225 \text{ i } 0,3 \text{ mm/min}$  oraz dwa czasy pozostawiania ściernicy w styku z materiałem obrabianym po zakończeniu dosuwu promieniowego  $t = 0 \text{ s}$  i  $t = 10 \text{ s}$ . Podczas badań mierzono średnicę ściernicy, średnicę szlifowanego otworu oraz chropowatość jego powierzchni. Po badaniach eksploatacyjnych dokonano obserwacji powierzchni roboczej ściernicy za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego JEOL JSM-5500 LY (Japonia).

## Wyniki badań

Wyniki badań eksploatacyjnych przedstawiono na rys. 1. Dla każdej z przyjętych prędkości  $v_{fr}$  i czasu  $t$  opracowano wykresy parametru  $R_a$ , oraz objętości zeszlifowanego materiału w poszczególnych próbach serii, a także sumarycznej objętości  $\Sigma V_m$  w serii pomiarowej. Pomiarzy średnicy ściernicy wykazały niewielkie zużycie, rzędu  $2\div 4 \mu\text{m}$ , występujące na początku serii pomiarowej po obciążeniu ściernicy, będące wynikiem jej dotarcia. Dlatego nie zaprezentowano wykresów zmian średnicy ściernicy.

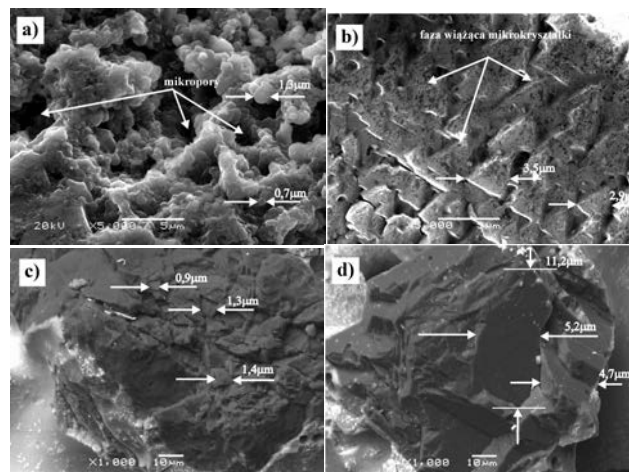


Rys. 1. Charakterystyka wyników szlifowania otworów ściernicami zbudowanymi z ziaren: A – cBN550 i B – cBN100

## Wnioski

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że oba rodzaje ściernicy charakteryzują się podobnymi właściwościami eksploatacyjnymi. Przy każdej z zastosowanych prędkości dosuwu promieniowego  $v_f$  usuwano podobną objętość materiału pierścienia. Ściernice z udziałem ziaren cBN100 i cBN550 w przyjętym zakresie pomiarowym zużywały się w sposób znikomy, jednak w mikroskali zachodziły odmienne procesy zużycia. Ziarna cBN550 zbudowane są z mikrokryształków o wymiarach  $1\div 5 \mu\text{m}$  (rys. 2a), tworzą-

cych agregaty i aglomeraty, co powoduje, że średni wymiar wykruszeń wynosi  $1\div 1,5 \mu\text{m}$  (rys. 2c).



Rys. 2. Mikrostruktura ziarna ściernego: a) cBN550; b) cBN100; c) cBN550 w powierzchni roboczej ściernicy po szlifowaniu; d) cBN100 w powierzchni roboczej ściernicy po szlifowaniu

W ziarnach cBN100 średni wymiar kryształków waha się w granicach  $3\div 5 \mu\text{m}$ , (rys. 2b), ale wielkość wykruszeń jest znacznie większa ( $5\div 10 \mu\text{m}$ ), wynikająca z odpryskiwania fragmentów ziaren na skutek pęknięcia fazy wiążącej (rys. 2d) lub pęknięcia kryształitów wzdłuż płaszczyzn łupliwości (110). Zaobserwowane różnice skali wykruszeń dla przyjętych warunków szlifowania nie mają jednoznacznego wpływu na chropowatość powierzchni szlifowanej  $R_a$ . W trzech spośród czterech przeprowadzonych serii badań chropowatość powierzchni otworów po obróbce ściernicą B była wyższa, a w czwartej ( $v_{fr} = 0,1 \text{ mm/min}$ ) – niższa. Najwyższą sumaryczną objętość usuwanego materiału  $\Sigma V_m$  uzyskano dla ściernicy B w próbie trzeciej ( $v_{fr} = 0,225 \text{ mm/min}$  i  $t = 10 \text{ s}$ ). Różnice w objętości usuwanego materiału należy wiązać z małą sztywnością układu OUPN. Z badań wynika, że istnieje możliwość adaptacji nowych typów ziarna ściernego do obróbek wykończeniowych, ale proces wdrożenia nowych narzędzi z cBN100, w miejsce obecnie stosowanych z udziałem cBN550, musi być poprzedzony kolejnymi badaniami, dotyczącymi m.in. mechanizmów zużycia się ziarna ściernego i trwałości ściernicy.

## LITERATURA

- Cai R., Rowe W.B. „Assessment of vitrified CBN wheels for precision grinding”. *Machine Tools and Manufacture*. No. 44 (2004): pp. 1391÷1402.
- Zhao B., Ding W.F., Dai J.B., Xi X.X., Xu J.H. „A comparison between conventional speed grinding and super-high speed grinding of (TiC<sub>p</sub>+TiB<sub>w</sub>)/Ti-6Al-4V composites using vitrified CBN wheel”. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* No. 72 (2014): pp. 69÷75.
- Herman D., Krzos J. „Influence of vitrified bond structure on radial wear of cBN grinding wheels”. *Journal of Materials Processing Technology*. No. 209 (2009): pp. 5377÷5386.
- Cui L., Hao X., Hu X., Lu A. „Effects of Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> addition on structure and properties of LZAS vitrified bond for CBN grinding tools application”. *Ceramics International*. No. 41 (2015): pp. 9916÷9922.
- Herman D., Pobel T., Walkowiak W. „Wpływ właściwości termicznych i mechanicznych spoiw szklanokryształicznych na mechanizm zużycia ściernicy z pcBN”. *Mechanik*. Nr 8–9 (2015): s. 126÷131.
- Zhang A., Li Z., Li Z., Zhu Y. „Preparation and characterization of SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Na<sub>2</sub>O glass coated cBN abrasive particles via sol-gel route”. *J Sol-Gel Sci Technol*. No. 49 (2009): pp. 6÷11.
- Marinescu I.D., Hitchiner M., Uhlmann E., Rowe W.B., Inasaki I. „Handbook of Machining with Grinding Wheels”. CRC Press. Boca Raton, 2007.
- Herman D., Gołabczak A., Dębowski R., Walkowiak W., Pobel T. „Wytrzymałość ściernicy cBN z korpusem ceramicznym i szklanokryształicznym spoiwem w warstwie ścierniczej”. *Mechanik*. Nr 9 (2014): s. 151÷156.