

# Szlifowanie jednostronne ściernicami o spoiwie niklowym z ziarnami z regularnego azotku boru

## Single-side grinding using a tool with a nickel bond and cubic boron nitride grains

MARIUSZ DEJA \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.313

Prezentowane wyniki badań eksperymentalnych szlifowania jednostronnego stali stopowej 40H i ceramiki beztlenkowej SSiC z zastosowaniem ściernic o spoiwie niklowym z ziarnami z regularnego azotku boru B107 i B64. Zaprezentowano uzyskane wartości liniowego ubytku materiałowego oraz parametru  $R_a$  chropowatości powierzchni. Scharakteryzowano ogólnie zużycie czynnej powierzchni ściernicy. **SŁOWA KLUCZOWE:** szlifowanie powierzchni płaskich, spoiwo niklowe, regularny azotek boru

*The paper presents the results of single-side grinding experiments carried out on alloy steel 40H and on technical ceramics SSiC. Electroplated grinding wheels with nickel bond and cubic boron nitride grains (B107, B64) were used. Linear material removal rates and obtained surface roughness parameters  $R_a$  are presented. The wear of an active surface of tools was characterized.*

**KEYWORDS:** surface grinding, nickel bond, cubic boron nitride

Ściernice o spoiwie wytwarzanym metodą galwaniczną znajdują zastosowanie w obróbce powierzchni płaskich i kształtowych oraz w przecinaniu materiałów twardych, np. z wykorzystaniem strun trwale zbrojonych ziarnami ściernymi [2, 5÷7]. W pracach [3, 4] badano wpływ twardości ziaren z regularnego azotku boru – CBN (*cubic boron nitride*) i wysokości warstwy spoiwa niklowego na zużycie czynnej powierzchni ściernicy (CPŚ) oraz na uzyskiwane wartości parametrów chropowatości powierzchni obrabianej. W pracy [1] badano zaś możliwości zastosowania ściernic o spoiwie niklowym w szlifowaniu jednostronnym z kinematyką docierania. W artykule przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych szlifowania jednostronnego stali hartowanej 40H i ceramiki beztlenkowej SSiC z zastosowaniem ściernic o spoiwie niklowym z ziarnami z regularnego azotku boru B107 i B64. Prototypowe ściernice (o średnicy  $D = 380$  mm) charakteryzowały się różną wysokością warstwy spoiwa, wpływającą na głębokość i trwałość utwardzenia ziaren ściernych. W badaniach analizowano m.in. wpływ różnej wysokości  $w_s$  warstwy spoiwa niklowego w stosunku do wymiarów  $a_z$  ziaren o numerach B107 i B64 o określonym rozkładzie i zakresie wymiarów (według normy ISO 6106-2005). Ściernice wykonano dla trzech wartości procentowego współczynnika wysokości warstwy spoiwa  $h_s = 35\%$ ,  $50\%$  i  $65\%$ . Wartości wymiarów ziaren  $a_z$  dobrano według wymiaru w  $\mu\text{m}$  oczek górnego sita kontrolnego. Przykładowy symbol B107 65% oznacza ściernicę ze ścierniwem z regularnego azotku boru, zawierającym ziarna o określonej wielkości dla numeru 107 i o wysokości spoiwa galwanicznego wyznaczonej dla wartości procentowego współczynnika  $h_s = 65\%$ , obliczanego ze wzoru:

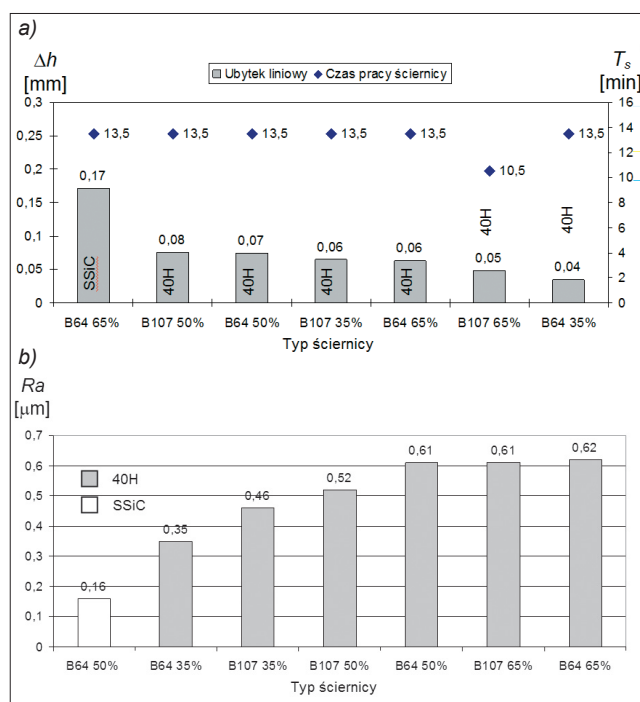
$$h_s = (w_s/a_z) \cdot 100\%$$

gdzie:  $w_s$  – wysokość warstwy spoiwa niklowego,  $a_z$  – nominalny wymiar ziaren.

### Wyniki badań eksperymentalnych

W badaniach eksperymentalnych analizowano wpływ czasu szlifowania  $t$  oraz wysokości warstwy spoiwa niklowego  $w_s$  na osiągnięte efekty technologiczne w układzie szlifowania jednotarczowego z kinematyką docierania. Prędkość szlifowania wynosiła  $v_s = 0,76$  m/s, a naciski jednostkowe powierzchniowe po czasie początkowych 270 s zwiększyły się od  $p = 9$  kPa do  $p = 14$  kPa. Uzyskane wyniki wskazują na możliwość zastosowania ściernic o spoiwie wytwarzanym metodą galwaniczną do obróbki materiałów o dużej twardości, lecz kruchych. Dla ceramiki SSiC uzyskano stosunkowo wysokie wartości całkowitego liniowego ubytku materiałowego (rys. 1a) i niskie wartości parametru  $R_a$  chropowatości powierzchni obrabianej (rys. 1b).

Mechanizm usuwania twardego i kruchego materiału w badanym układzie szlifowania jednostronnego, przy małych wartościach prędkości szlifowania typowych dla docierania, był przyczyną uzyskania najlepszych efektów technologicznych dla ceramiki. Badane ściernice z ziarnami

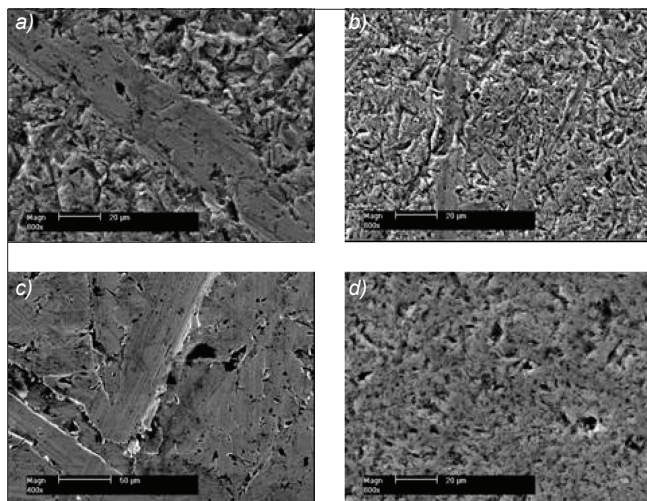


Rys. 1. Efekty technologiczne szlifowania jednostronnego: a) całkowity liniowy ubytek materiału obrabianego oraz czas pracy ściernic z ziarnami z regularnego azotku boru – uszeregowanie ściernic według malejącego ubytku  $\Delta h$ , b) wartość końcowa parametru chropowatości  $R_a$  – uszeregowanie ściernic według rosnącej wartości parametru  $R_a$

\* Dr hab. inż. Mariusz Deja (mdeja@pg.gda.pl) – Katedra Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji, Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej

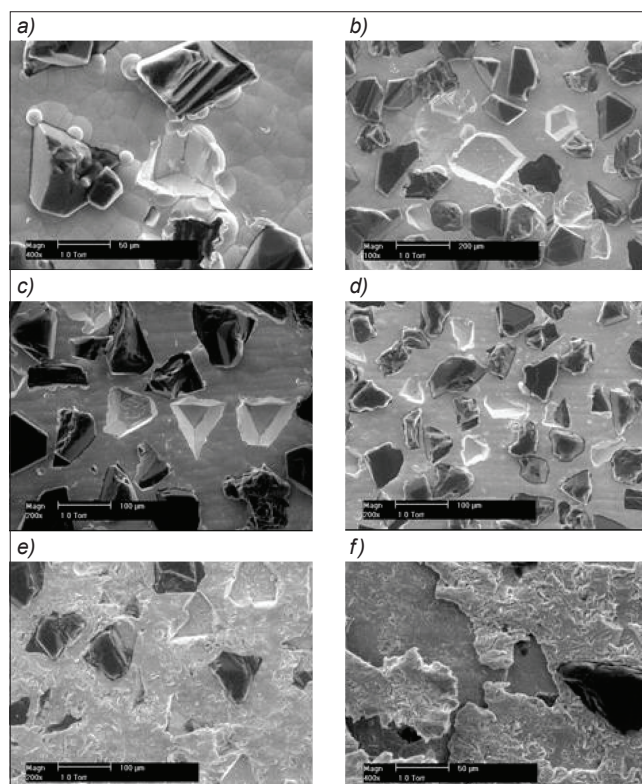
CBN charakteryzowały się jednak krótszym czasem pracy, wynikającym z ich mniejszej odporności na zużycie w porównaniu ze ściernicami ze ścierniwem diamentowym [1].

Ściernice z ziarnami z regularnego azotku boru, zastosowane do obróbki stali hartowanej 40H, ulegały szybszemu zużyciu głównie w wyniku wrywania ziaren do spoiwa, co wpłynęło na obniżenie osiągniętej wydajności szlifowania. Przy utwardzeniu ziaren CBN w najcieńszym spoiwie ( $h_s = 35\%$ ) dominowało usuwanie materiału przedmiotu obrabianego przez luźne ziarna ściernic, co skutkowało powstawaniem matowej powierzchni o kraterowej strukturze, z większymi śladami obróbkowymi po testach początkowych (rys. 2a). Rozkruszone ziarna ściernic tworzyły ślady obróbkowe w postaci pokazanej na rys. 2b. Błyszcząca powierzchnia obrabiana z wyraźnymi śladami obróbkowymi oraz z mniej licznymi kraterami powstawała po szlifowaniu ściernicami z ziarnami utwardzonymi w grubszym spoiwie ( $h_s = 50\%$  i  $65\%$ ), co utrudniało ich usuwanie z CPŚ (rys. 2c). W porównaniu z efektywnością obróbki stali hartowanej ściernice ze ścierniwem z regularnego azotku boru skuteczniej obrabiały twardą i kruchą ceramikę beztlenkową SSiC, z dominacją pracy luźnych ziaren ściernic tworzących kraterową strukturę na powierzchni obrabianej, bez wyraźnych śladów obróbkowych (rys. 2d). Utworzona struktura wpłynęła na osiągnięcie niskich wartości parametrów chropowatości powierzchni obrabianej (rys. 1b).



Rys. 2. Fragmenty powierzchni obrabianych: a) stal 40H, 54 HRC, ściernica B64 35%,  $t = 90$  s; b) stal 40H, 54 HRC, ściernica B64 35%,  $t = 270$  s; c) stal 40H, 45 HRC, ściernica B64 65%,  $t = 450$  s; d) ceramika SSiC, ściernica B64 50%,  $t = 810$  s

Przedstawione w pracy [1] zużycie ściernic z ziarnami diamentowymi cechowało stopień krawędzi oraz ich wykruszenia z CPŚ – głównie przy utwardzeniu w najcieńszym spoiwie. Mniejsza odporność na zużycie, wynikająca z mniej trwałego utwardzenia ziaren, charakteryzowała również badane ściernice ze ścierniwem z regularnego azotku boru. Pojedyncze wykruszenia widoczne są nawet dla najgrubszego spoiwa z ziarnami B107 i B64 (rys. 3a i b). Wraz ze zmniejszaniem grubości spoiwa ( $h_s = 50\%$ ) zwiększała się liczba wykruszeń ziaren z CPŚ (rys. 3c i d). W przypadku ściernic B107 35% i B64 35% zaobserwowano intensywne zużycie spoiwa, polegające na jego odrywaniu od podłoża (rys. 3e i f). Zniszczenie warstwy spoiwa ściernicy B64 35% wpłynęło na osiągnięcie najniższej wydajności szlifowania (rys. 1a). Słabe przyleganie spoiwa do podłoża było spowodowane również nielicznymi wadami powierzchniowymi w postaci drobnych pęcherzy, zauważonych na czynnej powierzchni ściernicy przed obróbką.



Rys. 3. Fragmenty czynnej powierzchni ściernic: a) B107 65%, b) B64 65%, c) B107 50%, d) B64 50%, e) B107 35%, f) B64 35%

## Podsumowanie

Na podstawie porównania uzyskanych efektów technologicznych oraz obserwacji mikroskopowych można stwierdzić, że ściernice ze ścierniwem z regularnego azotku boru charakteryzowały się dużym zużyciem CPŚ oraz słabym utwardzeniem ziaren, zwłaszcza w najcieńszym spoiwie niklowym ( $h_s = 35\%$ ). Efektywność obróbki zależała również od rodzaju materiału obrabianego. Mniej trwale utwardzenie ziaren z regularnego azotku boru nie wpłynęło negatywnie na obróbkę ceramiki SSiC, przy niskiej wydajności szlifowania stali hartowanej 40H w badanym układzie kinematycznym szlifowania jednostronnego. Przy najcieńszym spoiwie ( $h_s = 35\%$ ) dominowała praca luźnych ziaren ściernic tworzących kraterową strukturę na powierzchni obrabianej, bez wyraźnych śladów obróbkowych w postaci rys. Wraz ze zmniejszaniem grubości spoiwa zwiększała się liczba wykruszeń ziaren z CPŚ, co pozwalało na tworzenie luźnej zawiesiny ściernic, analogicznie jak w procesie docierania.

## LITERATURA

1. Deja M. „Szlifowanie jednostronne z wykorzystaniem ściernic o spoiwie galwanicznym”. *Mechanik*. Nr 8-9 (2015): s. 84-89.
2. Hitchiner M.P., McSpadden S.B. “Evaluation of factors controlling CBN abrasive selection for vitrified bonded wheels”. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 54, Iss. 1 (2005): pp. 227-280.
3. Shi Z., Malkin S. “An investigation of grinding with electroplated CBN wheel”. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 52, Iss. 1 (2003): pp. 267-270.
4. Shi Z., Malkin S. “Wear of electroplated CBN grinding wheels”. *Transactions of the ASME – Journal of Manufacturing Science and Engineering*. Vol. 128, Iss. 1 (2006): pp.110-118.
5. Stähli A.W. “Flat honing with diamond or CBN grinding discs”. *Industrie Diamanten Rundschau IDR*. Vol. 60, No. 1 (2000): pp. 9-13.
6. Upadhyaya R.P., Fiecoat J.H. “Factors affecting grinding performance with electroplated CBN wheels”. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 56, Iss. 1 (2007): pp. 339-342.
7. Upadhyaya R.P., Malkin S. “Thermal aspects of grinding with electroplated CBN wheels”. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. Vol. 126, Iss. 1 (2004): pp. 107-114. ■