

Topografia powierzchni elementów ceramicznych szlifowanych z zastosowaniem ściernic o hiperboloidalnej powierzchni czynnej

The topography of surface the ceramic parts grinding with using hyperbolic grinding surface

WOJCIECH KACALAK
FILIP SZAFRANIEC
RYSZARD ŚCIEGIENKA*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.307

Przedstawiono obrazy topografii powierzchni elementów z tworzyw ceramicznych szlifowanych z zastosowaniem ściernic o hiperboloidalnej powierzchni czynnej. Wykazano, że cechy tej metody mają istotny wpływ na uzyskanie długiej strefy szlifowania oraz topografię obrabianej powierzchni.

SŁOWA KLUCZOWE: szlifowanie ceramiki, szlifowanie czołowe

The article presents images of surface topography elements of ceramic materials using grinding wheels with hyperboloidal active surface. It has been shown that the characteristics of this method have a significant influence on the long grinding zone, and the topography of the machined surface.

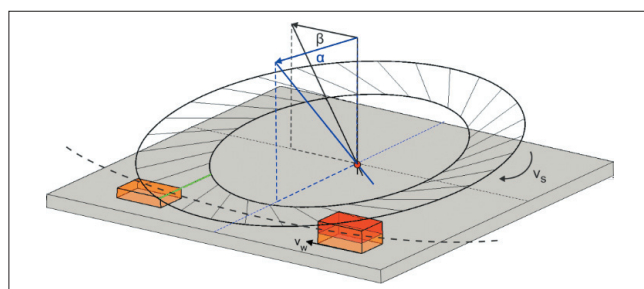
KEYWORDS: ceramic grinding, grinding top

Szlifowanie jest najbardziej rozpowszechnioną i wydajną metodą obróbki materiałów charakteryzujących się dużą twardością i kruchością – m.in. ceramiki [4÷7].

W opisywanej metodzie szlifowania płaszczyzn powierzchni elementów szlifuje się czołem ściernicy, mającym kształt stożka lub hiperboloidy, w której najniższej położona tworząca jest równoległa do płaszczyzny ruchu przedmiotów (rys. 1). Oś ściernicy jest pochylona w dwóch wzajemnie prostopadłych płaszczyznach: pod kątem α w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku ruchu posuwowego oraz pod kątem β w płaszczyźnie stycznej do tego kierunku. Pochylenie pod kątem β pozwala uzyskać podczas przemieszczania się przedmiotu w strefie obróbki siłę dociskającą przedmiot do zewnętrznego obrzeża, co z kolei umożliwia obróbkę z wykorzystaniem „mocowania siłami szlifowania”.

Cechą omawianej metody jest wielokrotne wydłużenie strefy obróbki l_s (również dla małej szerokości roboczej b_s) w stosunku do szlifowania czołem ściernicy z nakrojem, a w stosunku do szlifowania obwodem ściernicy – nawet kilkudziesięciokrotnie. Dzięki temu można zapewnić małą prędkość usuwania naddatku, dużą równomierność lokalnego obciążenia przedmiotu w strefie szlifowania, krzyżowanie się śladów obróbkowych – postępujące wraz z przemieszczaniem przedmiotu w strefie obróbki – i łagodne wychodzenie przedmiotu ze strefy szlifowania [2]. Efektem wymienionych cech metody jest (w zależności od kątów α i β) zarówno możliwość usuwania dużego naddatku w jednym zabiegu, jak i realizacja operacji mikro- i nanoszlifowania oraz usuwania naddatku rzędu $0,5\div 10\ \mu\text{m}$ [3].

* Prof. dr hab. inż. Wojciech Kacalak (wojciech.kacalak@tu.koszalin.pl), mgr inż. Filip Szafraniec (filip.szafraniec@tu.koszalin.pl) – Katedra Mechaniki Precyzyjnej, Wydział Mechaniczny Politechniki Koszalińskiej; dr hab. inż. Ryszard Ściegienka (ryszard.sciegenka@tu.koszalin.pl) – Katedra Transportu, Wydział Mechaniczny Politechniki Koszalińskiej



Rys. 1. Schemat do analizy kinematyki metody szlifowania czołem ściernicy o hiperboloidalnej powierzchni czynnej

Parametry obróbki i charakterystyka obrabianych elementów

Badania przeprowadzono dla parametrów szlifowania: prędkości szlifowania $v_s = 30\ \text{m/s}$ oraz prędkości obrotowej stołu $v_w = 20\ \text{mm/s}$. Szlifowane elementy o średnicy $\varnothing 7,4\ \text{mm}$ i wysokości początkowej $h_0 = 1,7 \pm 0,1\ \text{mm}$ były wykonane z tworzywa ceramicznego N1500 (tabl. I) o twardości 8 stopni w skali Mohsa.

Wysokość szlifowanych elementów po procesie obróbki powinna wynosić $h_k = 0,98 \pm 0,02\ \text{mm}$. Ze względu na trudności z obróbką elementów z tworzywa ceramicznego, wynikające z własności [6] i struktury [1] materiału, a także z uwagi na dużą wartość naddatku na zeszlifowanie ($0,72\ \text{mm}$) cały nadatek był usuwany przez pięć ściernic diamentowych ze spoiwem żywicznym (tabl. II), o promieniu $r_s = 100\ \text{mm}$, rozmieszczonych na obwodzie toru przedmiotów.

TABLICA I. Skład materiałowy obrabianych elementów

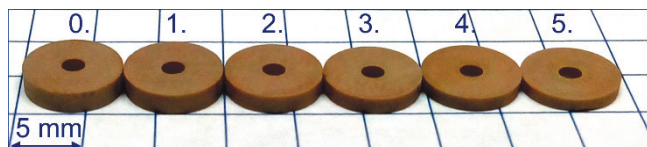
Składnik	Zawartość, %
Dwutlenek wapniowy	50
Dwutlenek tytanu	40
Emulsja parafinowa	7
Dwutlenek cyrkonu	1
Inne domieszki	2

TABLICA II. Cechy kolejnych zabiegów w zautomatyzowanej operacji szlifowania elementów ceramicznych

Nr	Rozmiar ziarna, μm	Kąt α , °	Wysokość elementu po obróbce, mm	Usuwany nadatek, mm
0			1,60±1,80	
1	160÷125	35	1,57	0,03±0,23
2	125÷100	35	1,35	0,22
3	125÷100	35	1,13	0,22
4	100÷80	25	1,05	0,08
5	63÷50	0	1,00	0,05

Wydajność obróbki dla przyjętych danych przekracza 2 elementy/s, co daje ok. 9000 elementów/h i ponad 14 mln elementów/rok (8/24 h).

Na rys. 2 pokazano elementy przed szlifowaniem oraz na wyjściu każdej z pięciu ściernic usuwających nadatek obróbkowy.

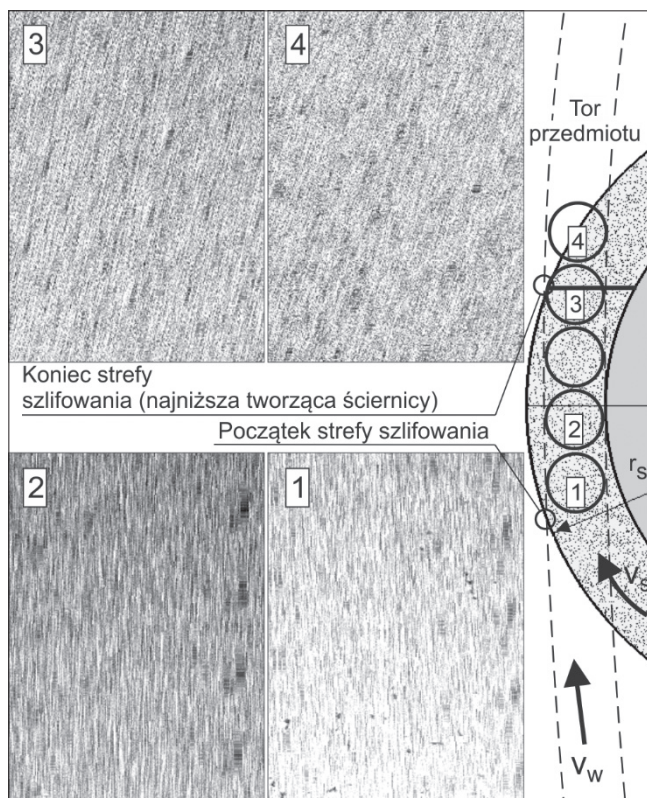


Rys. 2. Widok elementów z tworzywa ceramicznego N1500 przed szlifowaniem (0) i po szlifowaniu przez kolejne tarcze ściernic usuwających nadatek obróbkowy (1+5)

Obrazy topografii powierzchni

W opisywanej metodzie obróbki topografia powierzchni po szlifowaniu jest kształtowana przez bardzo liczne aktywne ziarna ściernic, które przemieszczają się wzdłuż długiej strefy szlifowania, w której przedmiot przesuwany jest pod obniżającą się powierzchnią czynną, a nadatek jest usuwany z bardzo małą prędkością. Dla przyjętych wartości parametrów obróbki – długości strefy szlifowania równej 70 mm i grubości nadatku $10\ \mu\text{m}$ – średnia prędkość usuwania warstwy wierzchniej wynosi $0,125\ \mu\text{m}$ na 1 mm przesuwu przedmiotu. W czasie gdy przedmiot przesuwany jest wzdłuż strefy obróbki z prędkością $20\ \text{mm/s}$, a prędkość szlifowania wynosi $30\ \text{m/s}$ (średnica ściernicy jest równa $\varnothing 200\ \text{mm}$), nad strefą szlifowania przemieszcza się ponad 100 mln ziaren na każdy milimetr szerokości tej strefy.

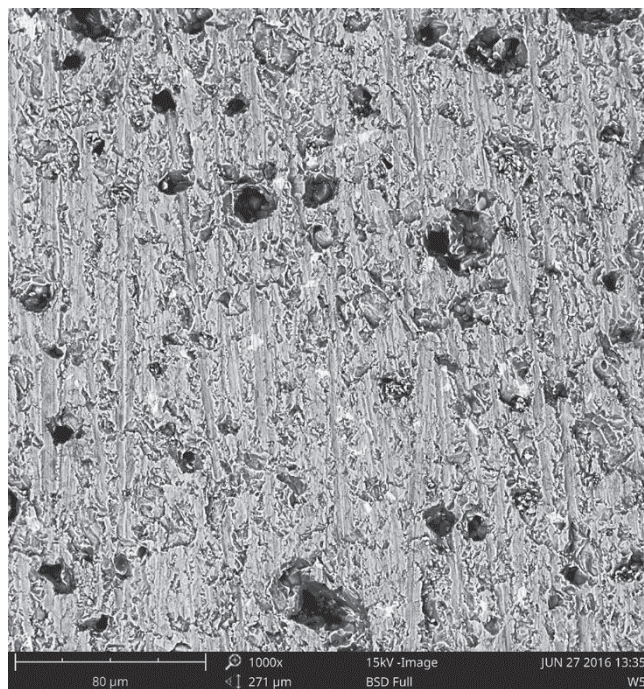
Ślady tworzone przez ziarna ściernic poruszające się po torach o promieniach r_s na powierzchni obrabianych elementów są długie i krzyżują się pod niewielkimi kątami (rys. 3), przy czym powstaje specyficzna kompozycja śladów – na krzyżujące się pod małym kątem duże ślady



Rys. 3. Schemat do analizy obrazu śladów w procesie szlifowania ściernicą o hiperboloidalnej powierzchni czynnej

pozostawione przez ziarna pierwszej ściernicy nakładają się kolejno ślady tworzone przez coraz mniejsze ziarna kolejnej ściernicy.

Przedmioty obrabiane piątą (ostatnią) ściernicą są do-ciskane do jej powierzchni pneumatycznie i układ śladów obróbkowych jest korzystnie bardziej złożony (rys. 4) ($S_a < 0,2\ \mu\text{m}$, $S_t < 2\ \mu\text{m}$ – w strefach niezawierających większych porów materiału te parametry są w przybliżeniu dwukrotnie niższe).



Rys. 4. Obraz SEM powierzchni ceramicznej po szlifowaniu piątą (ostatnią) ściernicą

Podsumowanie

W artykule opisano cechy metody usuwania dużych nadatków obróbkowych w procesie szlifowania elementów ceramicznych z zastosowaniem ściernic o hiperboloidalnej powierzchni czynnej, a ponadto przedstawiono obrazy topografii powierzchni ukształtowanych po tym procesie obróbki.

LITERATURA

- Boch P., Niépce, J.C. "Ceramic Materials: Processes Properties and Applications". UK, Wiley Publishers, 2007.
- Kacalak W., Lewkowicz R., Dziura Z. "Methoden und Probleme bei der Präzisionsbearbeitung kleiner Keramikformstücke". Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.) Bearbeitung neuer Werkstoff. VDI-Berichte. No. 1276 (1996).
- Kacalak W., Szafraniec F. „Podstawy doboru cech geometrycznych metody i parametrów szlifowania czołem ściernicy o hiperboloidalnej powierzchni czynnej”. Obróbka ścierna. Współczesne problemy. Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2011.
- König W., Verlemann E., Wagemann A. „Trennschleifen von Hochleistungskeramik”. Industrie Diamanten Rundschau. Vol. 26, No. 03 (1992): p. 165+171.
- Marinescu I., Hitchiner M., Uhlmann E., Rowe B. W., Inasaki I. "Handbook of Machining with Grinding Wheels". USA, Taylor & Francis Group, LLC, 2007.
- Marinescu I., Tonshoff H., Inasaki I. "Handbook of ceramic grinding and polishing". USA, Noyes Publications, 2000.
- Nakai M., Aguiar P., Guillard H. Jr., Bianchi E., Spatti D., D'Addona D. "Evaluation of neural models applied to the estimation of tool wear in the grinding of advanced ceramics". Expert Systems with Applications. Vol. 42 (2015): pp. 7026+7035.