

# Podstawy doboru parametrów szlifowania z uwzględnieniem liczby ziaren kształtujących określony fragment powierzchni

The basics of selection the parameters of grinding process with including the number of active grains which shaping definite the region of surface

WOJCIECH KACALAK  
FILIP SZAFRANIEC  
ZBIGNIEW BUDNIAK\*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.308

Przedstawiono zależności służące do doboru parametrów szlifowania z uwzględnieniem liczby ostrzy kształtujących określony fragment obrabianej powierzchni. Ta liczba jest funkcją prędkości szlifowania, prędkości wzdłużnej przedmiotu oraz dosuwu.

**SŁOWA KLUCZOWE:** parametry szlifowania, symulacja procesu szlifowania, aktywność ziaren szlifujących

*This paper presents the basics of selection the parameters of grinding process with including the number of active grains which shaping definite the region of surface, that is a function speed grinding, workpiece speed and depth of cut.*

**KEYWORDS:** grinding parameters, simulation of grinding process, activity abrasive grains

Topografia powierzchni po szlifowaniu zależy od liczby ziaren kształtujących jej określony obszar. Stochastyczny charakter budowy i cech stereometrycznych powierzchni narzędzi ściernych oraz cechy procesu szlifowania sprawiają, że określenie chwilowych i lokalnych cech tego procesu – m.in. liczby kontaktów ziaren ściernych – jest trudne lub niemożliwe. Z tego powodu pracownicy wielu ośrodków naukowych próbują przybliżyć i opisać zjawiska zachodzące w strefie szlifowania [2, 5] przez ich modelowanie i symulacje całego procesu obróbki [1, 3, 6].

## Metodyka wyznaczania liczby ziaren kształtujących określony obszar obrabianej powierzchni

Do wyznaczenia liczby ziaren kształtujących określony obszar obrabianej powierzchni zastosowano dane pozyskane w kompleksowym systemie do symulacji procesu szlifowania obwodem ściernicy [3]. Wysoką przydatność naukową i aplikacyjną opracowanego systemu potwierdzili autorzy [4].

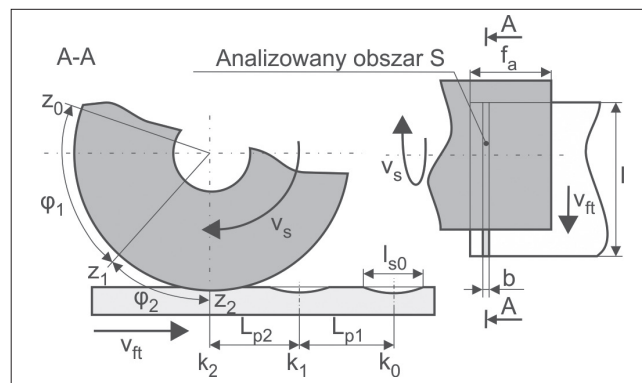
Parametry wejściowe do procesu symulacji obwodem ściernicy, tj. zakres parametrów szlifowania i cechy narzędzia oraz charakterystykę przedmiotu obrabianego, zestawiono w tabl. I.

Podczas symulacji komputerowej rejestrowano zbiór parametrów (tabl. II) dla wszystkich kontaktów ziaren ściernych z powierzchnią obrabianą w obszarze  $S$  o długości  $l = 1$  mm i szerokości  $b = 20$   $\mu\text{m}$ , wydzielonym na powierzchni przedmiotu obrabianego (rys. 1). Wartość  $b$  przyjęto z uwzględnieniem średniej szerokości śladu maksymalnego, tworzonego przez ziarna na powierzchni obrabianej dla warunków i parametrów określonych w tabl. I.

\* Prof. dr hab. inż. Wojciech Kacalak (wk5@tu.koszalin.pl), Filip Szafrańiec, Zbigniew Budniak (budniak@lew.tu.koszalin.pl) – Politechnika Koszalińska, Katedra Inżynierii Mechanicznej

TABLICA I. Parametry symulacji

Prędkość szlifowania $v_s$ , m/s	20 40
Prędkość wzdłużna przedmiotu $v_{ft}$ , m/min	1 2 4 8
Dosuw $a_e$ , $\mu\text{m}$	2,5 5 10 20
Posuw poprzeczny $f_a$ , mm/skok	2
Liczba posuwów poprzecznych nad analizowanym obszarem $i_{pp}$	10
Średnica ściernicy $D_s$ , mm	250
Szerokość ściernicy $b_s$ , mm	20
Numer ziarna	120
Rodzaj ziarna	99A
Długość badanego obszaru $l$ , mm	1
Szerokość badanego obszaru $b$ , $\mu\text{m}$	20



Rys. 1. Schemat do analizy liczby ziaren kształtujących określony obszar obrabianej powierzchni

TABLICA II. Parametry kontaktów ziaren ściernych

Parametr	Oznaczenie	Jednostka
Położenie ziarna ściernego na obwodzie ściernicy	$\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$	rad
Odległości między kolejnymi ziarnami aktywnymi na powierzchni ściernicy	$L_{s1}, L_{s2}, \dots, L_{sn}$	mm
Odległości między kolejnymi śladami ziaren	$L_{p1}, L_{p2}, \dots, L_{pn}$	mm
Długość śladu	$l_{s0}, l_{s1}, \dots, l_{sn}$	$\mu\text{m}$
Szerokość śladu	$b_{s0}, b_{s1}, \dots, b_{sn}$	$\mu\text{m}$
Pole śladu	$A_{s0}, A_{s1}, \dots, A_{sn}$	$\mu\text{m}^2$
Czas między kolejnymi kontaktami ziaren	$t_1, t_2, \dots, t_n$	s
Liczba wszystkich kontaktów ziaren w badanym obszarze	$n$	

Gdy znane jest położenie  $\varphi_i$  kolejnych ziaren aktywnych w paśmie o szerokości  $b$  na obwodzie ściernicy, można obliczyć odległości między nimi w funkcji  $v_s$ ,  $v_{ft}$ ,  $a_e$  oraz  $i_{pp}$ :

$$L_{si}(v_s, v_{ft}, a_e, i_{pp}) = Ds/2(\varphi_{i-1} - \varphi_i) \quad (1)$$

Czas między kolejnymi kontaktami ziaren można wyznaczyć z zależności:

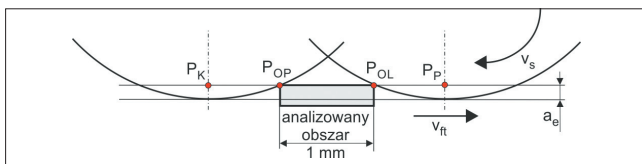
$$t_i(v_s, v_{ft}, a_e, i_{pp}) = L_{si}/v_s \quad (2)$$

Odległość między śladami ziaren aktywnych na powierzchni przedmiotu można określić za pomocą wzoru:

$$L_{pi}(v_s, v_{ft}, a_e, i_{pp}) = v_{ft}t_i \quad (3)$$

gdzie:  $i = 1, 2, \dots, n, i > 1$ .

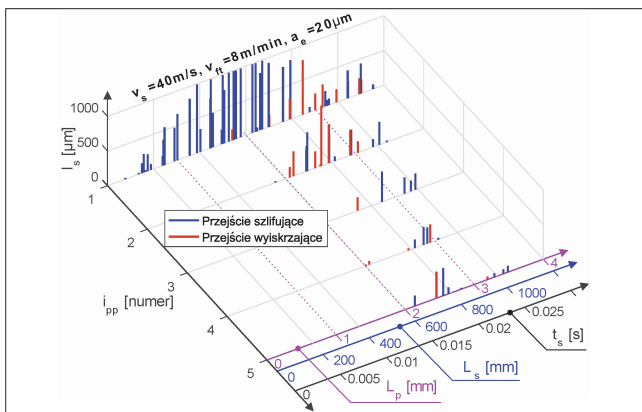
Tworzenie śladów w analizowanym obszarze rozpoczyna się w położeniu osi ściernicy przed prawą granicą obszaru i kończy dla położenia osi ściernicy poza jego lewą granicą (rys. 2).



Rys. 2. Schemat do analizy kształtowania określonego obszaru szlifowanej powierzchni ( $P_P$ ,  $P_K$  – początkowe i końcowe położenie osi ściernicy;  $P_{OL}$ ,  $P_{OP}$  – lewa i prawa granica analizowanego obszaru)

## Wyniki analiz

Częstość występowania śladów obróbkowych bardzo silnie zależy od stosunku prędkości  $v_s/v_{ft}$ . Im większa jest wartość tego ilorazu, tym większa częstość występowania śladów w pierwszym przejściu szlifującym, lecz spada prawdopodobieństwo kontaktu ziaren z powierzchnią obrabianą w przejściach wyiskrzających i kolejnych szlifujących (rys. 3).



Rys. 3. Długości kolejnych śladów w strefie o długości 1 mm podczas przesuwu przedmiotu o odcinek 4 mm

Znając średnią liczbę śladów przypadającą na  $1 \text{ mm}^2$  szlifowanej powierzchni (rys. 4):

$$\bar{L}_z(v_s, v_{ft}, a_e, i_{pp}) = 1/(\bar{L}_p b) \quad (4)$$

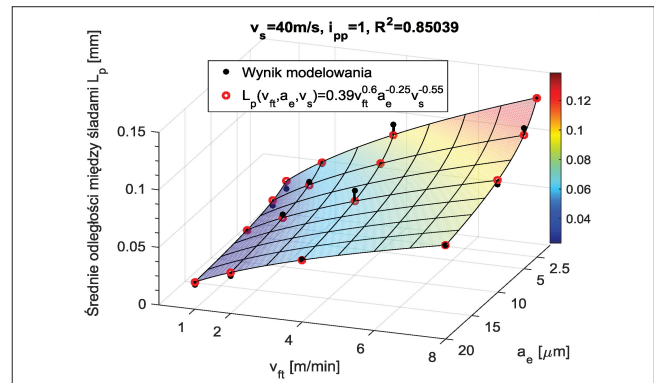
oraz średnie pole śladów:

$$\bar{A}_s(v_s, v_{ft}, a_e, i_{pp}) = (\sum_{i=1}^n b_{si} k_i l_{si})/n \quad (5)$$

gdzie:  $k$  – współczynnik kształtu śladu  $0,5 \leq k \leq 0,7$

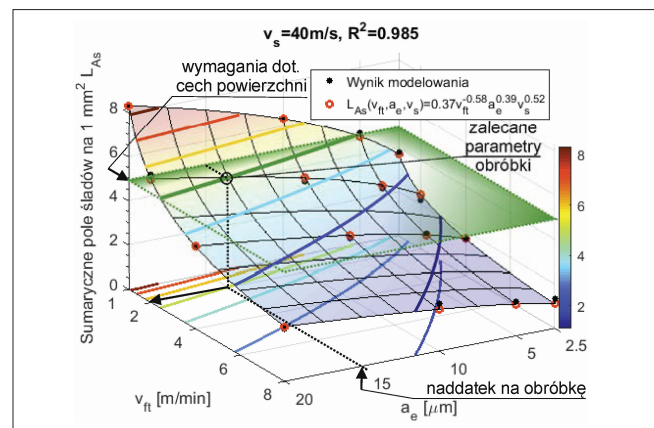
można obliczyć sumaryczne pole śladów przypadające na  $1 \text{ mm}^2$  (rys. 5):

$$\bar{L}_{As}(v_s, v_{ft}, a_e, i_{pp}) = \bar{L}_p \bar{A}_s \quad (6)$$



Rys. 4. Średnie wartości między śladami  $L_p = f(v_{ft}, a_e, v_s)$  dla  $v_s = 40 \text{ m/s}$  w pierwszym przejściu szlifującym

Uwzględniając wymagania dotyczące cech obrabianej powierzchni oraz naddatek na obróbkę (w danym przejściu), można z kolei wyznaczyć zalecaną wartość prędkości posuwu wzdłużnego  $v_{ft}$  (rys. 5).



Rys. 5. Sumaryczne pole śladów  $L_{As} = f(v_{ft}, a_e, v_s)$  dla  $v_s = 40 \text{ m/s}$  w pierwszym przejściu szlifującym

## Podsumowanie

W artykule przedstawiono kompleksową metodykę wyznaczania parametrów szlifowania z uwzględnieniem liczby ostrzy kształtujących określony obszar obrabianej powierzchni. Na wykresach pokazano, że częstość występowania kontaktów oraz pokrycie powierzchni obrabianej śladami istotnie zależą od wartości parametrów obróbki ( $v_s$ ,  $v_{ft}$ ,  $a_e$  oraz  $i_{pp}$ ).

Rozwój dalszych badań w zaprezentowanym zakresie będzie obejmować określenie stopnia korelacji między sumarycznym polem śladów na  $1 \text{ mm}^2$  a znormalizowanymi parametrami oceny struktury stereometrycznej powierzchni.

## LITERATURA

- Darafon A., Warkentin A., Bauer R. "3D metal removal simulation to determine uncut chip thickness, contact length, and surface finish in grinding". *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 66 (2013): pp. 1715+1724.
- Holtermann R., Schumann S., Menzel A., Biermann D. "Modelling, simulation and experimental investigation of chip formation in internal traverse grinding". *Production Engineering*. Vol. 7 (2013): pp. 251+263.
- Kacalak W., Szafraniec F. "Modelowanie obciążeń ziaren aktywnych i sił w procesie szlifowania". *Mechanik*. Nr 8-9 (2013): s. 241+252/703.
- Lipiński D., Kacalak W., Szafraniec F., Tomkowski R. "Metodyka tworzenia modeli neuronowych procesu szlifowania z wykorzystaniem wiedzy analitycznej i doświadczalnej". *Mechanik*. Nr 8-9 (2014): s. 255+260/726.
- Królikowski T., Bałasz B. "Ocena i modelowanie składowych sił mikroszlifowania pojedynczym ziarnem". *Pomiary Automatyka Kontrola*. R. 55, nr 4 (2009): s. 259+262.
- Yanlong C., Jiayan G., Bo L., Xiaolong C., Jiangxin Y., Chunbiao G. "Modeling and simulation of grinding surface topography considering wheel vibration". *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 66 (2013): pp. 937+945.