

## **INNOWACYJNA METODA MIKROSZLIFOWANIA PŁASZCZYZN CZOŁEM ŚCIERNICY O HIPERBOLOIDALNEJ POWIERZCHNI CZYNNEJ**

### **Streszczenie**

*Praca zawiera podstawy doboru cech geometrycznych metody i parametrów szlifowania czołem ściernicy o hiperboloidalnej powierzchni czynnej. Opracowano zależności opisujące kształt powierzchni czynnej ściernicy w funkcji parametrów położenia osi ściernicy. W opracowanej metodzie oś ściernicy z założenia nie jest prostopadła do płaszczyzny zawierającej tor przedmiotu i jest odchylona od kierunku prostopadłego o kąty  $\alpha$  i  $\beta$ . W publikacji przedstawiono podstawy doboru cech geometrycznych metody w zależności od grubości usuwanej warstwy materiału oraz preferencji technologicznych, dotyczących długości strefy szlifowania i prędkości usuwania naddatku.*

### **1. Wprowadzenie**

Rozwój mikro- i nanoinżynierii wiąże się z potrzebą wytwarzania mikroelementów i ich precyzyjnej obróbki. Literatura przytoczona w niniejszej pracy opisuje najważniejsze problemy rozwoju obróbki ścierniczej w aspekcie jej efektywnych zastosowań w operacjach mikroobróbki i zadaniach precyzyjnego wygładzania. Stosowane dotąd procesy precyzyjnego szlifowania nie są odpowiednie dla operacji mikro- i nanoszlifowania [3–6]. W typowych procesach szlifowania głębokość szlifowania jest wielokrotnie większa od parametru  $S_t$ , charakteryzującego wysokość nierówności powierzchni przed obróbką. Odchyłki kształtu i falistość, zwłaszcza dla przedmiotów o małych rozmiarach, są również znacznie mniejsze od stosowanych głębokości szlifowania. Oczekuje się opracowania nowych metod szlifowania, do zastosowań w obszarach typowych dla mikro- i nanoinżynierii.

### **2. Mikroszlifowanie płaszczyzn czołem ściernicy**

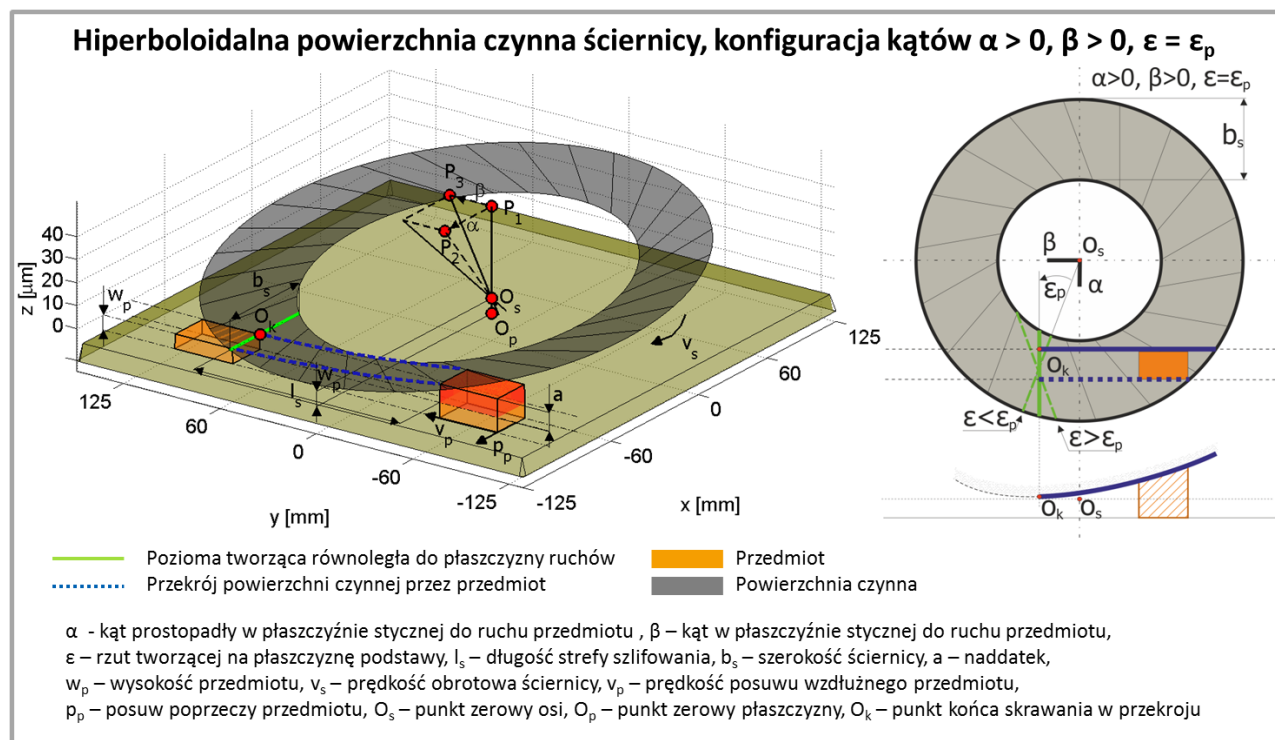
W prezentowanej metodzie obróbki [1–2], oś ściernicy z założenia nie jest prostopadła do płaszczyzny zawierającej tor przedmiotu i jest odchylona od kierunku prostopadłego o kąty  $\alpha$  i  $\beta$ . Najniższa tworząca hiperboloidalnej powierzchni czynnej ściernicy jest prostą wchrowatą względem osi ściernicy i jest równoległa do płaszczyzny zawierającej tor ruchu przedmiotów. Graficzne zestawienie założeń do mikroszlifowania płaszczyzn ściernicą o hiperboloidalnej powierzchni czynnej przedstawiono na rysunku 1.

Cechą opisywanej metody jest wielokrotne wydłużenie strefy obróbki 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. W opisywanej metodzie, w czasie przemieszczania się przedmiotu wzdłuż strefy szlifowania, nad powierzchnią przedmiotu, przesuwają się kilka do kilkunastu milionów ziaren na każdy milimetr szerokości strefy obróbki. Oznacza to, że naddatek jest usuwany w zależności od udziału ziaren aktywnych, przez ziarna w liczbie do 100 razy większej niż innych metodach szlifowania (dla ustalonych prędkości posuwu wzdłużnego przedmiotu i prędkości obrotowej ściernicy).

Czynną powierzchnię ściernicy przedstawić można stosując równania parametryczne stożka (1), którego podstawą jest okrąg na płaszczyźnie  $hx_sy_s$  o promieniu  $r_s$  i wierzchołku w środku układu współrzędnych:

$$s(\gamma) = \begin{cases} x_s = \cos(t) \frac{v}{tg(\gamma)} \\ y_s = \sin(t) \frac{v}{tg(\gamma)} \\ z_s = v \end{cases}, \text{ dla } t \in 0 \div 2\pi, v \in 0 \div h, \quad (1)$$

gdzie:  $\gamma$  – kąt nachylenia tworzącej stożka.



Rys. 1. Graficzne zestawienie założeń do mikroszlifowania płaszczyzn ściernicą o hiperboloidalnej powierzchni czynnej dla  $\alpha < 0, \beta < 0, \varepsilon = \varepsilon_p$

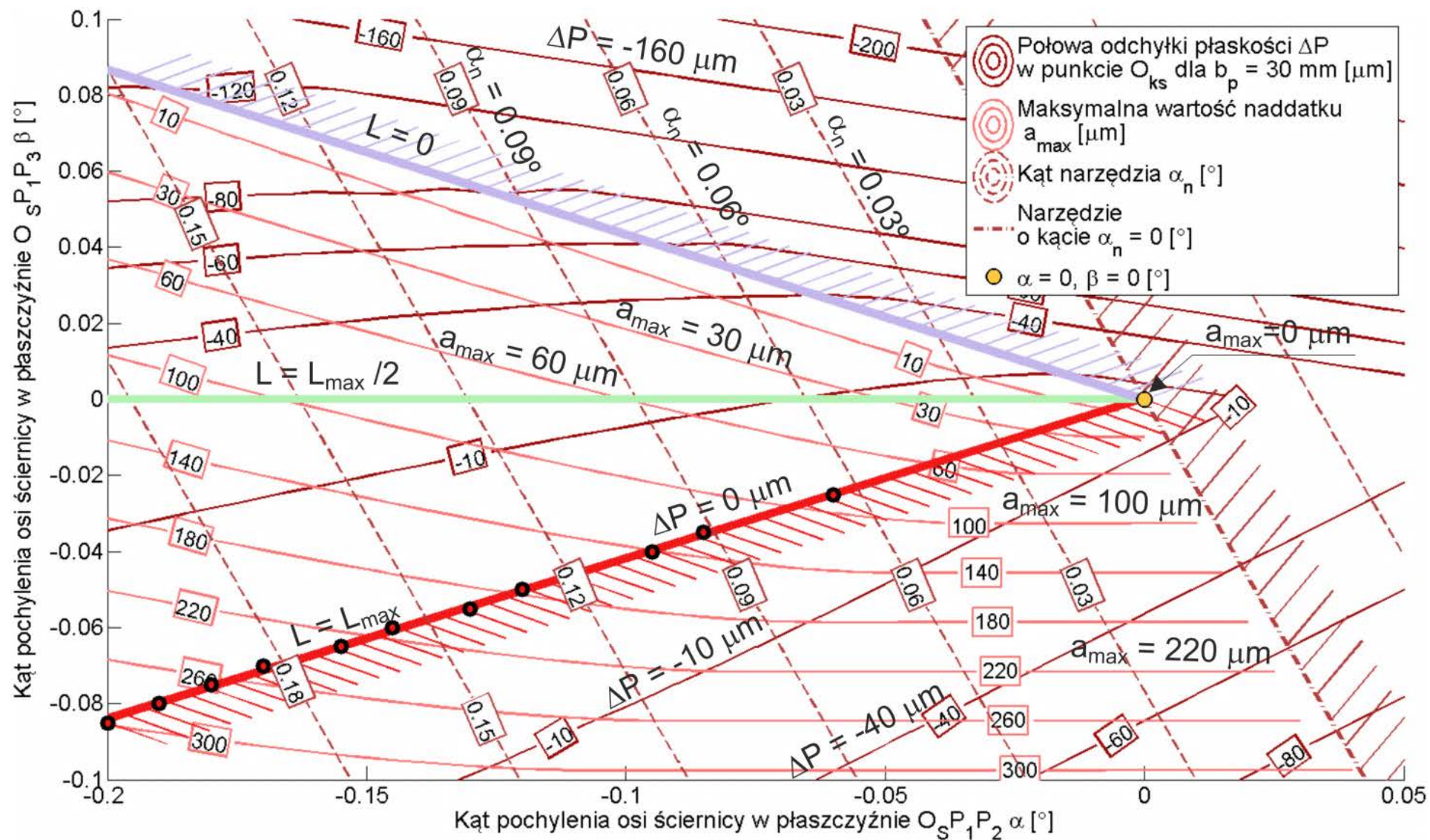
### 3. Dobór cech geometrycznych metody mikroszlifowania płaszczyzn

W zależności od wymagań technologicznych mogą być stosowane różne odmiany metody, w których występuje zróżnicowanie wartości kątów pochylenia osi oraz odpowiednio zróżnicowane położenie, w którym tworząca hiperboloidalnej powierzchni czynnej jest równoległa do płaszczyzny ruchu posuwowego przedmiotu (rys. 3).

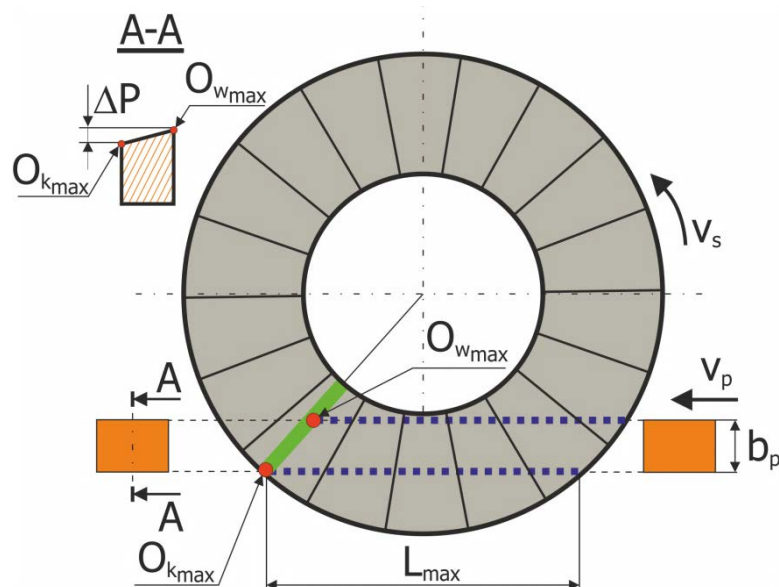
Na rysunku 2 przedstawiono dobór parametrów geometrycznych metody mikroszlifowania płaszczyzn czołem ściernicy dla największej długości strefy szlifowania  $L = L_{max}$ . W tabeli 1 zestawiono kilka przykładowych wartości parametrów geometrycznych metody mikroszlifowania płaszczyzn czołem ściernicy dla metody największej długości strefy szlifowania  $L = L_{max}$ .

Tabela 1. Zestawienie przykładowych wartości parametrów geometrycznych metody mikroszlifowania płaszczyzn czołem ściernicy dla metody największej długości strefy szlifowania  $L = L_{max}$

Lp.	$L$ [mm]	$\Delta P$ [μm]	$\alpha$ [°]	$\beta$ [°]	$a_{max}$ [μm]
1	98	0	-0,05	-0,02	80
2			-0,09	-0,04	140
3			0,2	-0,085	300



Rys. 2. Dobór parametrów geometrycznych metody mikroszlifowania płaszczyzn czołem ściernicy dla największej długości strefy szlifowania  $L = L_{\max}$



Rys. 3. Graficzne zestawienie założeń do mikroszlifowania płaszczyzn ściernicą o stożkowej powierzchni czynnej dla  $\alpha < 0$ ,  $\beta < 0$ ,  $\varepsilon = 0$

#### 4. Podsumowanie

Przedstawiona metodyka doboru cech geometrycznych i parametrów szlifowania czołem ściernicy o hiperboloidalnej powierzchni czynnej, pozwala na poprawne zastosowanie metody w mikro- i nanoszlifowaniu płaszczyzn w elementach o bardzo małych nadładkach obróbkowych.

Graniczna dokładność obróbki zależy od najmniejszej grubości warstwy, jaką można usunąć w wyniku elementarnego oddziaływania elementów aktywnych narzędzia (pojedynczych ostrzy, ziaren ściernych lub mikroziaren). Ta najmniejsza grubość zależy od geometrii i cech mikrogeometrii ostrzy i może być szacowana w obróbce ścierniej, jako zbliżona do  $0,1 \mu\text{m}$ .

Stosowanie małej głębokości szlifowania pozwala znacznie zmniejszyć energię procesu, co sprzyja uzyskiwaniu korzystniejszych cech warstwy wierzchniej. Mała głębokość szlifowania to mała gęstość strumieni cieplnych. Krótki czas oddziaływania lokalnego. Małe gradienty temperatury. Stosowanie małych głębokości szlifowania zmniejsza siły, co może być ważne dla obróbki przedmiotów o małych wymiarach i dużych podatnościach.

#### Bibliografia

- [1] Kacalak W. i inni: Sposób szlifowania płaskiego, zwłaszcza drobnych elementów ceramicznych oraz urządzenie do szlifowania płaskiego zwłaszcza drobnych elementów ceramicznych. Patent nr 142 132.
- [2] Kacalak W. i inni: Sposób i urządzenie do gładkościowej obróbki płaszczyzn przedmiotów drobnych, zwłaszcza elementów ceramicznych pokrytych cienkimi warstwami innych materiałów. Patent nr 141 138.
- [3] Kacalak, W., Królikowski T., Szafraniec F., Kunc R., Remelska H., Metodyka doboru parametrów mikro – I nanoszlifowania dla określonych wymagań, dotyczących chropowatości powierzchni, XXXIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Łódź, 8-10 września 2010.
- [4] Kacalak, W., Szafraniec F., Królikowski T., Kunc R., Remelska H., Wybrane problemy maksymalizacji wydajności mikro- i nanoszlifowania dla ograniczeń nałożonych na określone parametry chropowatości powierzchni, XXXIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Łódź, 8-10 września 2010.
- [5] Kacalak W., Królikowski T.: Modelowanie i analiza procesów mikroskrawania i mikroszlifowania, Współczesne problemy obróbki ścierniej, Monografie - Szkoła Naukowa Obróbki Ściernej, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 2009, str. 247-262.
- [6] Kacalak W., Królikowski T., Bałasz B.: Analiza przemieszczeń materiału w strefie mikroskrawania. XXXIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Łódź, 2010.