

Wpływ typu ściernicy i kąta pochylenia spirali na kształt rowka wiórowego i siłę szlifowania

The effect of the grinding wheel type and helix angle on flute profile and values on the cutting force

JAN BUREK
MARCIN SAŁATA
MARCIN ŻÓŁKOŚ
KAROL ŻURAWSKI
PIOTR ŻUREK*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.8-9.113>

Przedstawiono wpływ kąta pochylenia spirali λ oraz typu wybranej ściernicy 1A1/12V9 na kształt rowka wiórowego oraz składowe siły skrawania w procesie pięcioosiowego szlifowania rowków wiórowych.

SŁOWA KLUCZOWE: kształt rowka wiórowego, pomiar siły szlifowania, kąt spirali λ , typ ściernicy

In the paper the influence of the helix angle λ and grinding wheel type on flute profile and values on the cutting force during 5-axis flute grinding has been presented.

KEYWORDS: flute profile, force measurement, helix angle, grinding wheel type

Proces szlifowania spiralnych rowków wiórowych zajmuje ok. 70% czasu produkcji i jest jedną z podstawowych czynności podczas wytwarzania narzędzi monolitycznych [1, 2]. Kształt uzyskanych powierzchni spiralnych rowka wiórowego ma duży wpływ na wiele właściwości gotowego narzędzia, gdyż rowek wiórowy jest jednym z elementów geometrycznych definiujących krawędź tnącą i kąt natarcia. Ponadto kształt rowka wiórowego wpływa na proces usuwania wiórów oraz stabilność obróbki [3, 4].

Badania symulacyjne

Badania przeprowadzono dla dwóch ściernic diametrowych, których geometryczne parametry przedstawiono na rys. 1:

- 1A1-100-10-5 20 D64K+1421R C100 H,
- 12V9-100-2-6 20 D64K +1421R C100 H.

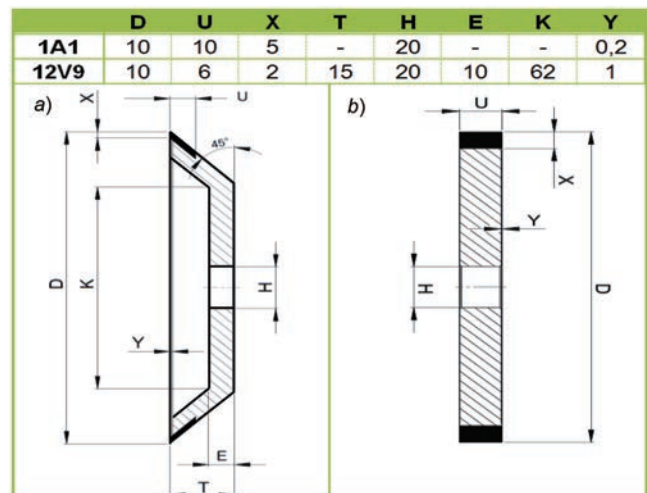
Badania symulacyjne zrealizowano na pięcioosiowej szlifierce narzędziowej FORTIS firmy ISOG, wyposażonej w układ sterowania MTS AG (Mathematisch Technische Software) v. 10,0 Release 13 3D Rev 3163.

Aby zapewnić przejrzystość wykonywanych badań i analiz, symulacje podzielono na cztery etapy – na każdym przyjmowano dwa zmienne parametry:

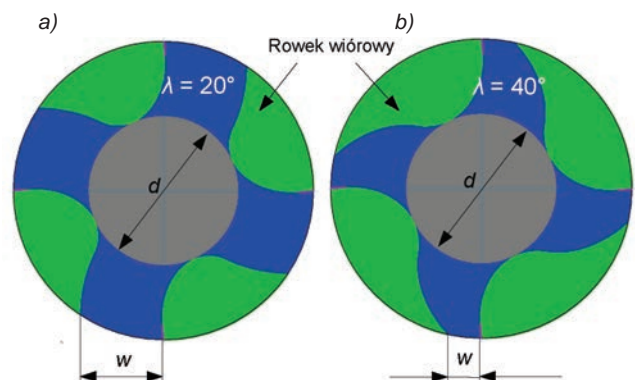
- typ ściernicy: 1A1 oraz 12V9,
- kąt spirali rowka wiórowego: $\lambda = 15^\circ \div 45^\circ$.

Za parametry stałe definiujące rowek wiórowy przyjęto: kąt natarcia $\gamma = 5^\circ$, średnicę rdzenia $d = 5$ mm, średnicę półfabrykatu $D = 10$ mm, liczbę ostrzy $z = 4$.

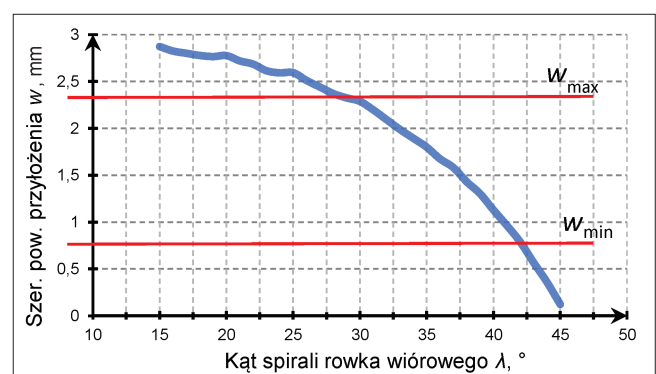
Na pierwszym etapie badań porównywano kształty rowka wiórowego uzyskane za pomocą ściernicy typu 1A1 dla różnych kątów skreślenia spirali λ (rys. 2). Widać, że wraz ze wzrostem wartości λ zwiększa się pole przekroju rowka wiórowego i zmniejsza się szerokość powierzchni przyłożenia w , co dodatkowo zobrazowano na rys. 3.



Rys. 1. Parametry geometryczne ściernicy typu: a) 12V9, b) 1A1



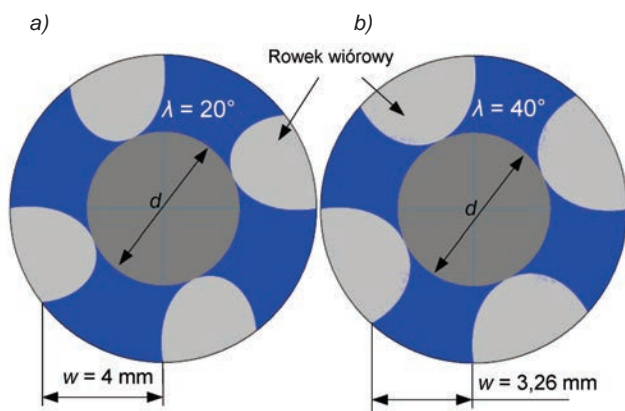
Rys. 2. Symulacja obróbki rowka wiórowego ściernicą typu 1A1 dla kąta spirali rowka wiórowego: a) $\lambda = 20^\circ$, b) $\lambda = 40^\circ$



Rys. 3. Wpływ kąta spirali rowka wiórowego na szerokość powierzchni przyłożenia w (kąt spirali λ analizowano co 1°)

Na drugim etapie badano kształt rowka wiórowego wykonanego ściernicą typu 12V9 w zależności od kąta skreślenia spirali λ (rys. 4).

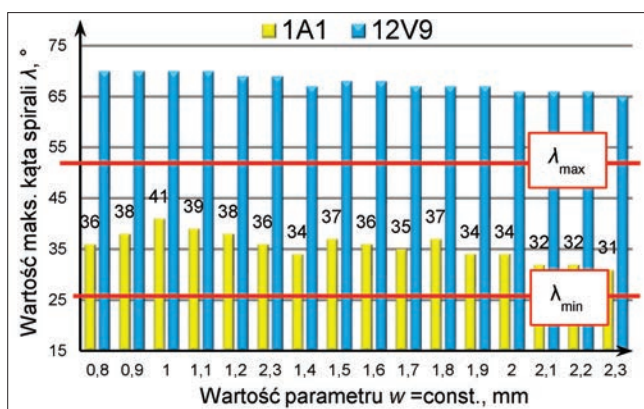
* Dr hab. inż. Jan Burek prof. PRz (jburek@prz.edu.pl), mgr inż. Marcin Sałata (msalata@prz.edu.pl), mgr inż. Marcin Żółkoś (markos@prz.edu.pl), mgr inż. Karol Żurawski (zurawski@prz.edu.pl), mgr inż. Piotr Żurek (p_zurek@prz.edu.pl) – Katedra Technik Wytwarzania i Automatyzacji, Politechnika Rzeszowska



Rys. 4. Symulacja obróbki rowka wiórowego ściernicą typu 12V9 dla zmiennego kąta spirali rowka wiórowego: a) $\lambda = 20^\circ$, b) $\lambda = 40^\circ$

Z przeprowadzonych badań wynika, że w założonym przedziale kąta spirali $\lambda = 20^\circ \div 40^\circ$ nie uzyskano – za pomocą ściernicy typu 12V9 – poprawnego kształtu rowka wiórowego. Jest to spowodowane tym, że uzyskana szerokość powierzchni przyłożenia w dla analizowanego przypadku jest zbyt duża.

Na trzecim etapie przyjęto stałą wartość parametru $w = \text{const}$. Celem badań było określenie maksymalnego kąta spirali λ dla ściernic typu 1A1 i typu 12V9 (rys. 5).



Rys. 5. Wpływ stałej szerokości powierzchni przyłożenia w na wartość kąta spirali rowka wiórowego

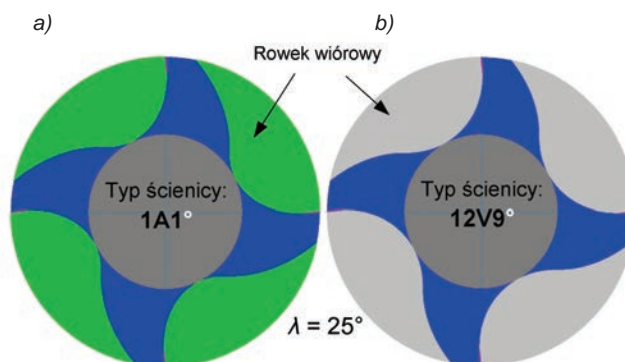
Jak widać, w przypadku ściernicy typu 1A1 występuje ograniczony przedział wartości kąta spirali $\lambda \approx 15^\circ \div 35^\circ$, w którym można wykonać rowek wiórowy. Zauważono także, że założona stała wartość powierzchni przyłożenia $w = \text{const}$. w zakresie $w = 0,8 \div 2,3$ mm wpływa na przedział wartości kąta spirali λ , w którym można wykonać rowek wiórowy. Dla ściernicy typu 1A1 maksymalna wartość kąta spirali w zależności od wartości parametru w zmienia się w zakresie $\lambda = 31 \div 41^\circ$.

Dla ściernicy typu 12V9 zaobserwowano dużo większy przedział wartości kąta spirali $\lambda \approx 15^\circ \div 66^\circ$, w którym możliwe jest wykonanie rowka wiórowego.

W praktyce przemysłowej wartość kąta spirali najczęściej zawiera się w przedziale od $\lambda_{\min} = 25^\circ$ do $\lambda_{\max} = 50^\circ$ [5]. Ściernica typu 12V9 charakteryzuje się zatem większą uniwersalnością w porównaniu ze ściernicą typu 1A1.

Na czwartym etapie badano kształt rowka wiórowego – wykonanego ściernicami typu 1A1 oraz 12V9 – w zależności od kąta skrócenia spirali λ dla stałej wartości szerokości powierzchni przyłożenia wynoszącej $w = 1$ mm (rys. 6).

Na podstawie wyników badań symulacyjnych stwierdzono, że niezależnie od użytej ściernicy zastosowanie stałej szerokości powierzchni przyłożenia $w = \text{const}$.



Rys. 6. Symulacja obróbki rowka wiórowego wykonanego ściernicami typu 1A1 (a) oraz 12V9 (b) przy założonej stałej szerokości powierzchni przyłożenia $w = 1$ mm

powoduje małe zmiany kształtu oraz pola przekroju rowka wiórowego w założonym przedziale kąta spirali od λ_{\min} do λ_{\max} . Przyjęcie stałej wartości powierzchni przyłożenia w umożliwia zatem uzyskanie takiego samego kształtu rowka wiórowego bez względu na zastosowaną ściernicę.

Badania doświadczalne

Badania doświadczalne przeprowadzono na pięcioosiowym centrum szlifierskim FORTIS firmy ISOG (rys. 7). Do pomiaru siły szlifowania wykorzystano obrotowy siłomierz typu 9123 firmy Kistler.

Warunki realizacji badań przedstawiono w tablicy.



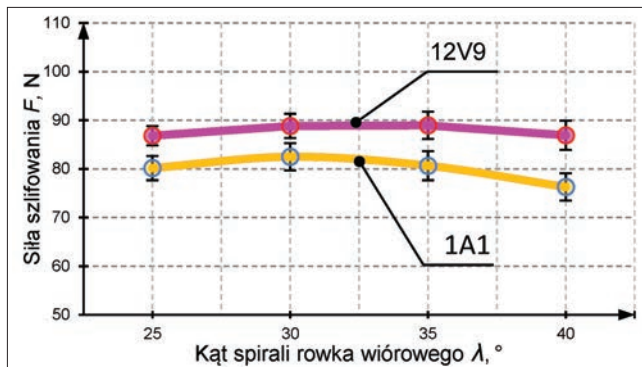
Rys. 7. Stanowisko do badań procesu szlifowania rowków wiórowych: 1 – wrzeciono ściernicy, 2 – siłomierz firmy Kistler, 3 – komputer, 4 – przetwornik sygnału 5223B1, 5 – przetwornik A/C 6009 [6]

TABLICA. Warunki szlifowania

Materiał obrabiany	węgielny K20F
Chłodziwo	olej szlifierski
Prędkość skrawania v_c , m/s	20
Prędkość posuwu v_f , mm/min	40
Dosuw szlifowania a_p , mm	2,5
Długość narzędzia L , mm	10
Średnica półfabrykatu D , mm	10
Średnica rdzenia d , mm	5
Kąt natarcia γ , °	5
Szerokość powierzchni przyłożenia w , mm	1
Kąt spirali rowka λ , °	25, 30, 35, 40

Wyniki badań

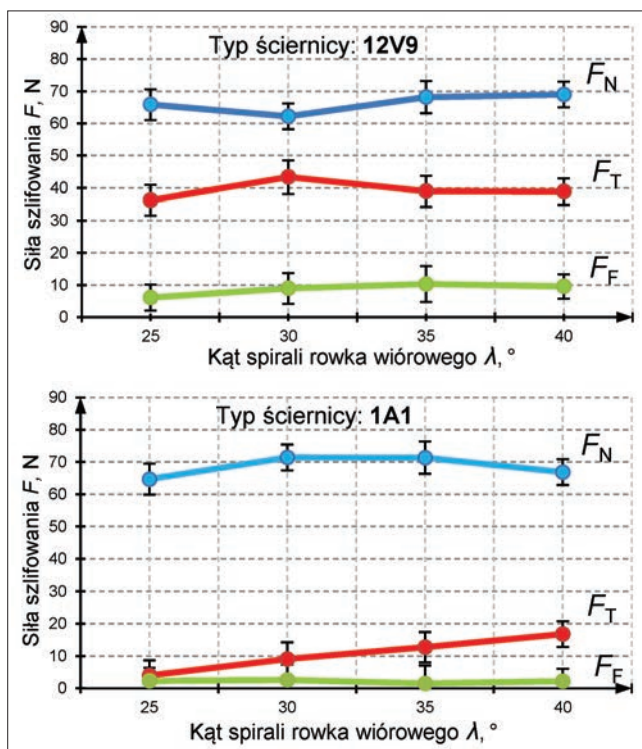
Maksymalne wartości siły szlifowania F dla badanych typów ściernic 1A1 i 12V9 w zależności od kąta skrzywienia spirali λ przedstawiono na rys. 8.



Rys. 8. Zależność siły szlifowania F od kąta skrzywienia spirali λ dla obu typów badanych ściernic 1A1 i 12V9

Całkowitą siłę szlifowania F wyznaczono jako pierwiastek kwadratowy składowych siły szlifowania F_N , F_T i F_F . Uzyskane wyniki pokazują, że mniejsze wartości siły szlifowania, o ok. 10%, uzyskano dla ściernicy typu 1A1. Widać niewielkie różnice zmian wartości siły F w zależności od kąta skrzywienia spirali λ – wynoszą one mniej niż 4%.

Maksymalne wartości składowych siły szlifowania F_N , F_T i F_F dla badanych typów ściernic 1A1 i 12V9 w zależności od kąta skrzywienia spirali λ przedstawiono na rys. 9.



Rys. 9. Przebiegi składowych siły szlifowania F (F_N , F_T , F_F) w zależności od kąta skrzywienia spirali λ dla obu badanych ściernic 1A1 i 12V9

Z wykresów wynika, że dla obu analizowanych ściernic maksymalna wartość składowej normalnej F_N była w przybliżeniu taka sama i wyniosła ok. 70 N. Najmniejsze wartości osiągnęła składowa posuwowa F_F – dla ściernicy typu 1A1 wyniosła ok. 1,5 N, a dla ściernicy typu 12V9 była prawie siedmiokrotnie większa i wyniosła ok. 10 N.

Największą różnicę wartości zanotowano dla składowej stycznej F_T , która dla ściernicy 1A1 wyniosła średnio ok. 10 N, a dla ściernicy 12V9 była czterokrotnie większa i wyniosła średnio 40 N. Zauważono, że w przypadku ściernicy 1A1 wraz ze wzrostem wartości kąta spirali λ rośnie wartość składowej stycznej F_T . Podobna zależność nie wystąpiła w przypadku ściernicy typu 12V9.

Podsumowanie

- Na pierwszym i drugim etapie badań symulacyjnych stwierdzono, że zmiana kąta spirali powoduje znaczną zmianę kształtu rowka wiórowego, spowodowaną zmianą szerokości powierzchni przyłożenia w . Okazało się, że wraz ze wzrostem kąta spirali maleje szerokość powierzchni przyłożenia. Uzyskanie odpowiedniego kształtu rowka wiórowego jest zależne od typu użytej ściernicy – 1A1 lub 12V9.
- Na trzecim i czwartym etapie badań symulacyjnych udowodniono, że przyjęcie stałej wartości szerokości powierzchni przyłożenia $w = \text{const.}$ umożliwia uzyskanie takiego samego kształtu rowka wiórowego niezależnie od wartości kąta skrzywienia spirali i typu zastosowanej ściernicy. Dodatkowo zaobserwowano, że zastosowanie stałej wartości parametru w ogranicza możliwości technologiczne ściernicy. W przypadku ściernicy typu 12V9 przedział możliwości wykonania rowka wiórowego jest większy ($\lambda \approx 25^\circ$ – 50°) niż dla ściernicy typu 1A1 ($\lambda \approx 25^\circ$ – 35°). Zauważono też, że zmiana stałej wartości parametru w w przedziale od 0,8 do 2,3 mm znacząco wpływa na ograniczenia technologiczne ściernicy typu 1A1 w przedziale $\lambda = 31^\circ$ – 41° .
- Na podstawie badań symulacyjnych dowiedziono, że możliwe jest uzyskanie takiego samego kształtu rowka wiórowego w przypadku różnych wartości kąta spirali oraz zastosowania różnych ściernic. Badania symulacyjne miały bowiem na celu określenie konkretnej wartości przekroju warstwy skrawanej podczas pięcioosiowego szlifowania rowków wiórowych ściernicami o różnych kształtach, niezależnie od wartości kąta skrzywienia spirali.
- Podczas badań doświadczalnych zaobserwowano małe zmiany wypadkowej siły szlifowania F pod wpływem zmiany wartości kąta spirali rowka wiórowego – wynika to z małej zmiany styku pola przekroju ściernicy z przedmiotem obrabianym. Większą redukcję siły szlifowania F – o ok. 10% – zauważono w przypadku zastosowania ściernicy typu 1A1.
- Dla obu analizowanych ściernic największe różnice zanotowano w przypadku wartości składowych siły szlifowania. Składowe posuwowa F_F i styczna F_T osiągnęły największe wartości dla ściernicy typu 12V9.

LITERATURA

- Ren L., Wang S., Yi L., Sun S. "An accurate method for five-axis flute grinding in cylindrical end-mills using standard 1V1/1A1 grinding wheels". *Precision Engineering*. 43 (2016): s. 387–394.
- Karpuschewski B., Jandecka K., Mourek D. "Automatic search for wheel position in flute grinding of cutting tools". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 63 (2011): s. 347–350.
- Hubert Ch. "Schleifen von Hartmetall- und Vollkeramik-Schaftfräsern". Berlin: TU, Diss., 2011.
- Fujara M. "Methode zur rechnerunterstützten Auslegung und Optimierung der Geometrie des Vollhartmetall-Spiralbohrers". Darmstadt: TU, Diss., 2011.
- Christoph H. "Schleifen von Hartmetall- und Vollkeramik-Schaftfräsern". Berlin: TU, Diss., 2011.
- Burek J., Salata M., Bazan A. "Wpływ rodzaju spoiwa ściernic na proces szlifowania rowków wiórowych narzędzi pełnowęglkowych". *Mechanik*. 8-9 (2016): s. 1130–1131.