

# Wpływ warunków wygładzania na efekty zaokrąglania krawędzi skrawających ostrzy z węglików spiekanych

Impact of smoothing conditions on the rounding effect of cutting edges of cemented carbide machining blades

SZYMON BACZYŃSKI  
PIOTR CICHOSZ  
MIKOŁAJ KUZINOVSKI  
MITE TOMOV  
ADAM URYCH\*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.10.147>

Przedstawiono genezę zaokrąglania krawędzi ostrzy skrawających wykonanych z węglików spiekanych. Zaprezentowano różne sposoby wygładzania krawędzi skrawających i metody pomiaru ich zaokrąglenia. Określono wpływ warunków wygładzania na intensywność i efekty zaokrąglenia krawędzi.  
**SŁOWA KLUCZOWE:** narzędzia skrawające, promień zaokrąglenia krawędzi, wygładzanie

*The origin of rounding cutting edges of machining blades made out of cemented carbides is presented. Various methods of cutting edge smoothing and rounding measurement are described. The impact of smoothing conditions on the intensity and effects of edge rounding is specified.*  
**KEYWORDS:** cutting tools, edge rounding radius, smoothing

Od kilku lat stosuje się zaokrąglanie krawędzi ostrzy skrawających z węglików spiekanych, co poprawia trwałość narzędzi. W związku z tym powstało wiele rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń do wygładzania ściernego krawędzi [2, 8–9]. Opisano je szerzej w pracach [2, 12]. Tę technologię wprowadziło wiele czołowych światowych firm narzędziowych, głównie w odniesieniu do monolitycznych wiertel i frezów trzpieniowych z węglików spiekanych [5–6, 10].

Dodatkową korzyścią związaną z wygładzaniem krawędzi jest zmniejszenie chropowatości powierzchni nie tylko samych ostrzy, lecz także korpusów narzędzi. To z kolei przyczynia się do lepszej ewakuacji wiórów ze strefy skrawania, ma też wpływ na efektywniejszy wygląd całego narzędzia.

Pewnym problemem, związanym z wygładzaniem krawędzi, może być dokładny pomiar promienia ich zaokrąglenia  $r_n$ . Znacznym utrudnieniem tego pomiaru jest bardzo mała wartość promienia, zazwyczaj od kilku do kilkudziesięciu mikrometrów [1–2, 4, 10, 13].

Do pomiaru można wykorzystać zgłady metalograficzne dokonywane prostopadle do krawędzi. Jest to jednak niszczące i pracochłonne.

Najczęściej do pomiaru promienia zaokrąglenia krawędzi stosuje się zaawansowane mikroskopy optyczne. Są one bardzo drogie, ale niezbędne, aby zapanować nad złożonym procesem wygładzania, w którym na efekt obróbki wpływa wiele czynników.

Celem pracy była identyfikacja i ocena znaczenia czynników, które najsilniej wpływają na efekty geometryczne wygładzania i efektywność obróbki.

## Warunki i metodyka badań

W badaniach zaokrąglano krawędzie wiertel i frezów trzpieniowych monolitycznych o średnicach  $6 \pm 12$  mm, wykonanych z węglika spiekane go CTS20D (firmy Ceratizit) (rys. 1).



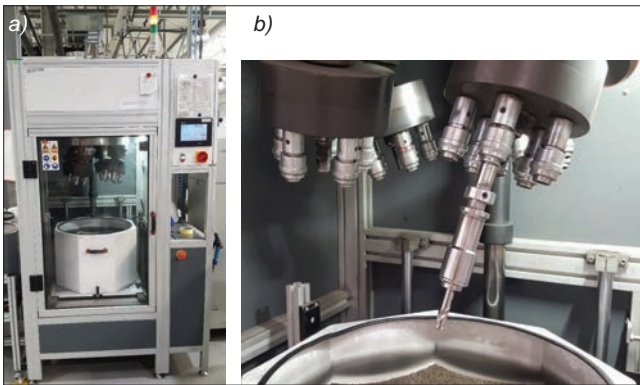
Rys. 1. Widok narzędzi użytych w badaniach (KOMET URPOL)

Krawędzie zaokrąglano na wygładzarce pojemnikowej z nieobrotowym bębnem PARDUS 6H 30T 2S (rys. 2). Wygładzarka ma jedno wrzeciono główne z zamocowanymi satelitarnie czterema głowicami obrotowymi o ruchu planetarnym. Każda głowica ma pięć uchwytów wirujących względem własnej osi. Możliwe jest ustawianie kąta we względem pionu wrzecion narzędziowych w zakresie  $0 \pm 20^\circ$ . Na obrabiarce można automatycznie realizować cykle obróbkowe ze sterowanymi prędkościami, czasami i kierunkami obrotów wrzeciona głównego oraz głowic narzędziowych. Można też regulować głębokość zanurzenia narzędzi we wsadzie ściernym.

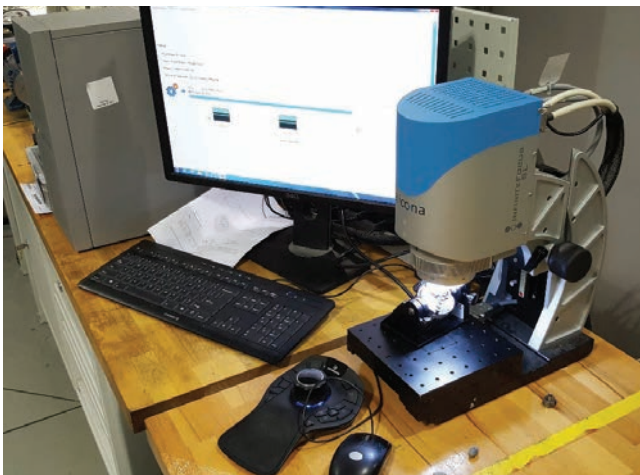
Jako wsady ściernie wykorzystano mielone łupiny orzechów włoskich o wielkości ziarna  $0,8 \pm 1,3$  mm firmy OTEC (o oznaczeniu HSC 1/300) oraz firmy PD2i (o oznaczeniu MAHST 36 oraz LAPF 46) [8, 9].

Zaokrąglenie krawędzi skrawających mierzono mikroskopem ALICONA InfiniteFocus SL (rys. 3). Ma on optyczny trójosiowy system pomiarowy, który automatycznie realizuje pomiar promienia zaokrąglenia krawędzi. Moduł IF-EdgeMasterModule6.1.1.1 wyświetla trójwymiarowy

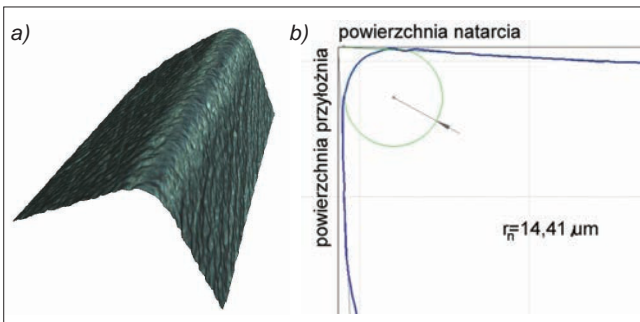
\* Inż. Szymon Baczyński (szymon.baczyński@interia.pl), prof. dr hab. inż. Piotr Cichosz (piotr.cichosz@pwr.edu.pl) – Katedra Obrabiarek i Technologii Mechanicznych, Wydział Mechaniczny Politechniki Wrocławskiej; prof. dr inż. Mikołaj Kuzinovski (mikołaj.kuzinovski@mf.edu.mk), assoc. prof. Mite Tomov, PhD (mikołaj.kuzinovski@mf.edu.mk) – Wydz. Mechaniczny Uniwersytetu w Skopje; mgr inż. Adam Urych (adam.urych@kometurpol.pl) – KOMET URPOL



Rys. 2. Wyglądzarka pojemnikowa PARDUS 6H 30T 2S: a) widok ogólny, b) głowice do mocowania z jednym zamocowanym narzędziem



Rys. 3. Stawisko do pomiaru promienia zaokrąglenia krawędzi narzędzi skrawających



Rys. 4. Przykładowy pomiar promienia zaokrąglenia krawędzi skrawającej: a) krawędź skrawająca, b) przekrój krawędzi

obraz krawędzi oraz podaje określoną przez operatora liczbę wartości promienia zaokrąglenia dla poszczególnych punktów zmierzonego odcinka krawędzi i ich wartość uśrednioną.

Przykładowy obraz krawędzi skrawającej oraz numerycznie określony przekrój ostrza pokazano na rys. 4.

### Wpływ parametrów wygładzania na promień zaokrąglenia krawędzi skrawających

Parametrami zmiennymi w badaniach były: prędkości obrotowe wrzeciona głównego oraz wrzecion narzędziowych, czasy cykli obróbkowych, głębokość zanurzenia narzędzi we wsadzie ściernym, czas obróbki, a także rodzaj wsadu ściernego. Wszystkie badania powtarzano trzykrotnie, a ich rezultaty, jako wartości średnie, przedstawiono na wykresach (rys. 5–9).

Przed wygładzaniem mierzono promień zaokrąglenia krawędzi. Dla wszystkich krawędzi po operacji ostrzenia zawierał się on w przedziale  $r_n = 3 \div 4,3 \mu\text{m}$ .

Badania realizowano ze stałymi parametrami punktu centralnego (tablica). Zmieniano jedynie wartości tego parametru, który aktualnie był analizowany. Zmiany parametrów podano na wykresach wyników badań.

Zachowano stałą wartość pochylenia wrzecion narzędziowych w stosunku do pionu:  $-20^\circ$ . Jej najkorzystniejszą wartość wyznaczono na podstawie wcześniejszych badań.

TABLICA. Wartości parametrów punktu centralnego planu badań

Czas cyklu, s	120
Prędkość obrotowa wrzeciona głównego, obr/min	25
Prędkość obrotowa głowic, obr/min	60
Głębokość zanurzenia narzędzi we wsadzie ściernym, mm	70

Na rys. 5 przedstawiono wpływ prędkości obrotowej wrzeciona głównego wygładzarki na promień zaokrąglenia krawędzi skrawającej. Z danych wynika, że jest on nieistotny.

Teoretycznie „opór” wsadu ściernego powinien rosnąć wraz z kwadratem prędkości, a więc jego oddziaływanie ściernie powinno znacząco zależeć od obrotów wrzeciona głównego. Jednak na wektor prędkości przemieszczania się wsadu względem narzędzia, wynikający z obrotów wrzeciona głównego, nakłada się wektor prędkości względnej od obrotów wrzecion narzędziowych, gdyż narzędzia wykonują złożone ruchy planetarne zakłócone dodatkowo kątem pochylenia wrzecion narzędziowych. Wektory obu tych prędkości – w zależności od kąta obrotu i położenia kątownego narzędzia – mogą się sumować lub odejmować w dość skomplikowany sposób. Tym należy tłumaczyć małą intensywność oddziaływania obrotów wrzeciona głównego na kształtowanie krawędzi.

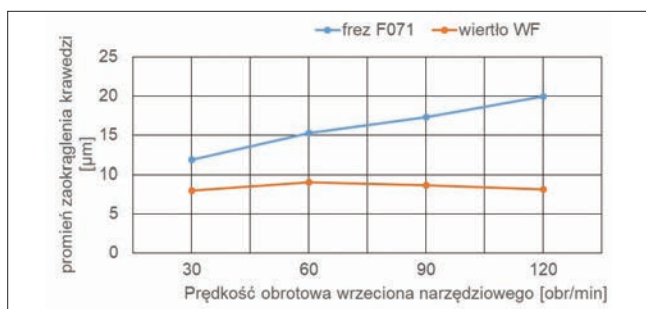
Wpływ prędkości obrotowej wrzeciona narzędziowego na intensywność zaokrąglenia krawędzi ostrzy przedstawiono na rys. 6. On również jest niejednoznaczny. Dla jednego z narzędzi rośnie liniowo, a dla drugiego – jest nieistotny. Wynika to prawdopodobnie z podobnych przyczyn jak w przypadku wpływu prędkości obrotowej wrzeciona głównego wygładzarki, czyli ze złożoności ruchów planetarnych wirujących wrzecion. Stąd wpływa wniosek, że i ten czynnik nie nadaje się do sterowania procesem.

Na rys. 7 pokazano wpływ czasu obróbki na wartość promienia zaokrąglenia krawędzi. Z przedstawionych danych wynika, że jest on jednoznacznie rosnący o nieco malejącej intensywności. Zmniejszenie intensywności oddziaływania czasu wygładzania spowodowane jest tym, że w miarę zwiększania promienia zaokrąglenia krawędzi trzeba usunąć coraz większą objętość materiału, aby uzyskać przyrost promienia o tę samą wartość.

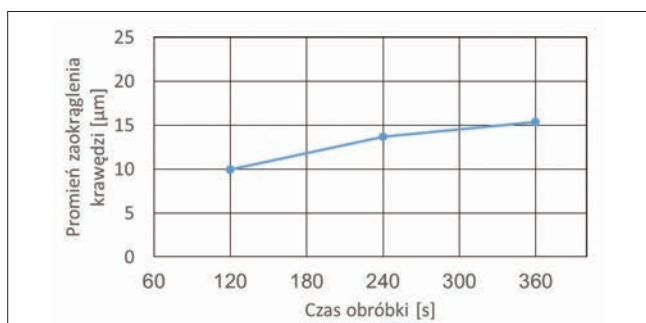


Rys. 5. Wpływ prędkości obrotowej wrzeciona głównego na promień zaokrąglenia krawędzi skrawającej





Rys. 6. Wpływ prędkości obrotowej wrzeciona narzędziowego na promień zaokrąglenia krawędzi skrawającej



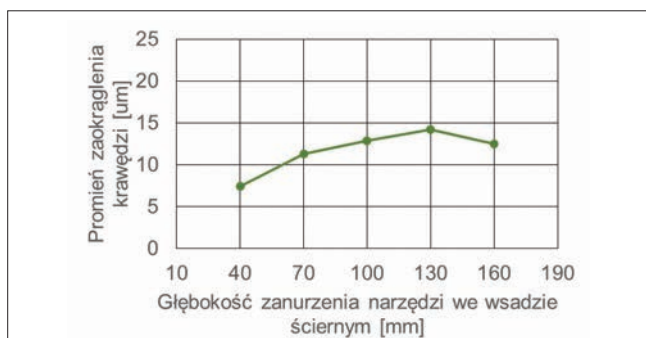
Rys. 7. Wpływ czasu obróbki na wartość promienia zaokrąglenia krawędzi skrawającej

Zatem czynnik czasu obróbki jest dobrym parametrem do sterowania procesem, ponieważ jest jednoznaczny i powtarzalny. Trzeba jednak uwzględnić, że wydłużenie czasu obróbki zmniejsza wydajność procesu i podnosi jego koszty.

Wpływ głębokości zanurzenia narzędzia we wsadzie ściernym na intensywność zaokrąglenia krawędzi ostrzy pokazano na rys. 8. Wynika z niego, że początkowo zwiększanie zagłębienia narzędzia we wsadzie ściernym powoduje wzrost intensywności zaokrąglenia krawędzi, następnie wpływ ten jest coraz mniejszy i dodatkowo maleje przy ekstremalnie dużych wartościach zanurzenia.

Trudno jednoznacznie wyjaśnić przyczynę takiej zmiany oddziaływania wygładzania. Prawdopodobnie głębsze zanurzenie narzędzia, w skrajnym przypadku łącznie z częścią oprawki, wykonującą złożone ruchy cyrkulacyjne, powoduje większe rozluźnienie (spulchnienie) wsadu, a to może osłabiać jego oddziaływanie na krawędzie narzędzia. Zatem należy dobrać taką głębokość zanurzenia narzędzia we wsadzie, aby uzyskać największą wydajność obróbki. Poza tym intensywność wygładzania może się zmieniać w zależności od liczby jednocześnie obrabianych narzędzi.

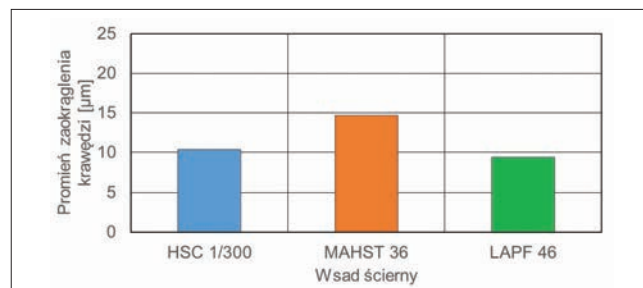
Rodzaj materiału ściernego użytego we wsadzie wygładzarki odgrywa bardzo ważną rolę w kształtowaniu powierzchni, a zwłaszcza krawędzi narzędzi [1, 8, 9, 12].



Rys. 8. Wpływ głębokości zanurzenia narzędzia we wsadzie ściernym na promień zaokrąglenia krawędzi skrawającej

Nie do końca wiadomo, co ma większy wpływ na trwałość ostrza: promień zaokrąglenia krawędzi czy zmniejszenie jej szczyrbałości. Przy doborze wsadu ściernego trzeba szukać kompromisu między wydajnymi ścierniwami o dobrych właściwościach ściernych a takimi, które umożliwiają uzyskanie małej chropowatości wygładzanych powierzchni.

W badaniach zastosowano trzy rodzaje wsadów. Wyniki badań zaprezentowano na rys. 9.



Rys. 9. Wpływ rodzaju wsadu ściernego wygładzarki na promień zaokrąglenia krawędzi ostrzy węglkowych

Z przebadanych wsadów najintensywniej ściernie oddziałuje ścierniwo MAHST 36. Pozostałe dwa wsady mają podobną intensywność oddziaływania, mniejszą o ok. 33%.

## Podsumowanie

Wygładzanie krawędzi skrawających ostrzy – którego genezą było polerowanie rowków wiórowych, by usprawnić odprowadzanie wiórów – wywołało efekt zaokrąglenia krawędzi skrawających. Okazało się, że to niewielkie zaokrąglenie, a zarazem istotne zmniejszenie szczyrbałości krawędzi, znacząco przyczynia się do wydłużenia trwałości narzędzi. Stąd szybki rozwój i wdrażanie tej technologii w przemyśle narzędziowym. Brakuje jeszcze dostatecznej wiedzy pozwalającej na szybkie aplikacje tych nowoczesnych metod przynoszących realny wzrost jakości narzędzi i efektywności ich zastosowania.

Badania obrazują złożoność czynników mających wpływ na efekty zaokrąglenia krawędzi skrawających narzędzi. Jest on w głównej mierze zdeterminowany skomplikowaną kinematyką nakładających się ruchów planetarnych wokół trzech obracających się osi wrzeciona głównego, głowic narzędziowych oraz samych narzędzi.

## LITERATURA

- Baczyński S. „Automatyzacja stanowiska do zaokrąglenia krawędzi polerowaniem rotacyjnym wraz z doбором parametrów obróbki”. Praca dyplomowa inżynierska. Wrocław: Wydział Mechaniczny Politechniki Wrocławskiej, 2017.
- Cichosz P., Kuzinovski M., Tomov M., Urych A. „Zaokrąglenie krawędzi skrawających ostrzy z węglków spiekanych”. *Mechanik*. 92, 7 (2018): s. 458–462.
- Carlos J.C.R. „Cutting Edge Preparation of Precision Cutting Tools by Applying Micro-Abrasive Jet Machining and Brushing”. Praca doktorska. Kassel: Unidruckerei der Universität Kassel, 2009.
- Materiały informacyjne firmy Alicona.
- Materiały informacyjne firmy Gühring.
- Materiały informacyjne firmy Komet.
- Materiały informacyjne firmy Marbad.
- Materiały informacyjne firmy Otec.
- Materiały informacyjne firmy Pardus.
- Materiały informacyjne firmy Narzędzia Skrawające Tools.
- Uhlmann E., Oberschmidt D., Kuche Y. „Zautomatyzowana kontrola krawędzi skrawających narzędzi”. *MM Magazyn Przemysłowy*. 4, 146 (2015): s. 36c–38.
- Woźniak K. „Obróbka powierzchni w wygładzarkach pojemnikowych”. Warszawa: WNT, 2017.
- Yussefian N.Z., Koshy P. „Parametric characterization of the geometry of honed cutting edges”. *Precision Engineering*. 37 (2013): s. 746–752.