

WIZUALIZACJA WPLYWU MINIMALNEJ GRUBOŚCI WARSTWY SKRAWANEJ NA CHROPOWATOŚĆ POWIERZCHNI

Tadeusz Mikołajczyk

*Katedra Inżynierii Produkcji
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy*

Streszczenie

Minimalna grubość warstwy skrawanej wpływa w sposób istotny na chropowatość powierzchni obrabianej ostrzami o określonej geometrii. W pracy przedstawiono przydatny w dydaktyce program do wizualizacji wpływu h_{\min} na wysokość nierówności.

1. WPROWADZENIE

Stan powierzchni obrabianej w obróbce punktowej jest determinowany wieloma czynnikami i zjawiskami o różnym wpływie na końcową chropowatość. Podstawowym czynnikiem kształtującym stan powierzchni obrabianej jest kinematycznie geometryczne odwzorowanie ostrza w materiale obrabianym. Kształt ostrza punktowego charakteryzowany jest w płaszczyźnie równoległej do podstawowej, w której określona jest chropowatość poprzeczna.

W zakresie obróbki ostrzami punktowymi z wierzchołkiem o promieniu naroża r_f , w zależności od skojarzenia parametrów geometrii ostrza i posuwu wyróżnia się trzy odmiany [1, 2, 3, 4], uwzględniające różne sytuacje przecięcia elementów krawędzi skrawającej. Zakładając za stałe promień naroża r_f i kąty przystawienia κ_r , κ_{r1} , poszczególne przypadki odwzorowania zależą od posuwu. Wartości posuwów, które są granicą pomiędzy poszczególnymi przypadkami odwzorowania nazywa się posuwami granicznymi.

Najczęściej występuje przypadek odwzorowania łukowego, gdy poprzeczne ślady odwzorowania powstają w wyniku przecinania się łukowych fragmentów krawędzi skrawającej. Ma to miejsce w warunkach obróbki dokładnej przy mniejszych wartościach posuwu. Posuw graniczny dla tego przypadku można wyznaczyć z zależności [2]:

$$f \leq 2 r_f \sin \kappa_{r1} \quad \text{gdy} \quad \kappa_{r1} > \kappa_r \quad (1)$$

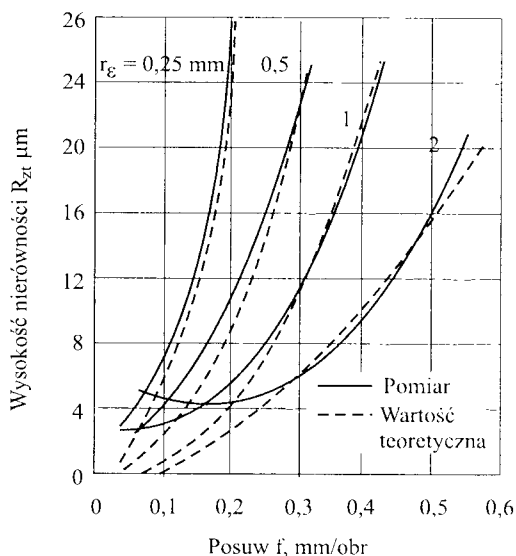
lub

$$f \leq 2 r_f \sin \kappa_r \quad \text{gdy} \quad \kappa_{r1} < \kappa_r \quad (2)$$

Teoretyczna wysokość nierówności R_{σ} dla odwzorowania łukowego zależy tylko od posuwu f i promienia zaokrąglenia naroża r_f – można ją określić w przybliżeniu następującym równaniem [1, 2, 3, 4]:

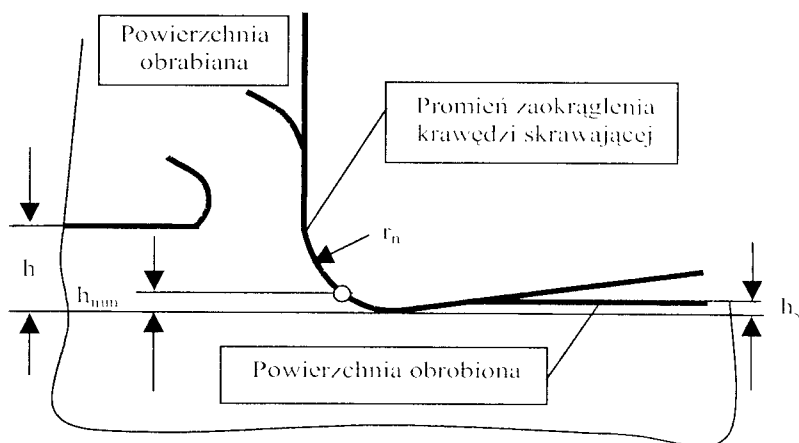
$$R_{\sigma} = \frac{f^2}{8r_f} \quad (3)$$

Zależność tę zilustrowano na wykresach (rys. 1), gdzie przedstawiono również wartości rzeczywistej wysokości nierówności znacznie wyższe w zakresie małych posuwów.



Rys. 1. Wykres zależności (3) i wartości doświadczalnych R_z dla różnych wartości promienia r_ϵ [3]

W pracy [3] dowiedziono, że obserwowany dla małych wielkości posuwu wzrost wysokości nierówności powierzchni obrabianej (rys. 1) związany jest ze zjawiskiem nieusuwanej grubości warstwy skrawanej. Graniczna grubość warstwy skrawanej, przy której zachodzi skrawanie, określona jako minimalna grubość warstwy skrawanej (MGWS) h_{min} , została pokazana na rysunku 2. Warstwa ta nie ulega skrawaniu – po przejściu ostrza narzędzia zostaje odkształcona plastycznie i sprężyste uzyskując wymiar h_s .



Rys. 2. Prezentacja zjawiska minimalnej grubości warstwy skrawanej h_{min} i sprężystego powrotu warstwy wierzchniej h_s

MGWS zależna jest od wielu czynników, a przede wszystkim od promienia zaokrąglenia krawędzi skrawającej związanego z techniką ostrzenia i materiałem ostrza [1]. Przyjmuje się najczęściej [1, 3], że wynosi ona:

$$h_{\min} = 0,1 \cdot r_n \quad (4)$$

W pracy [1] przedstawiono zależność Kragelskiego-Drujanowa:

$$h_{\min} = h_i \geq 0,5r_n \left[1 - \frac{2\tau_a}{\sigma_{ch}} \right] \quad (5)$$

gdzie:

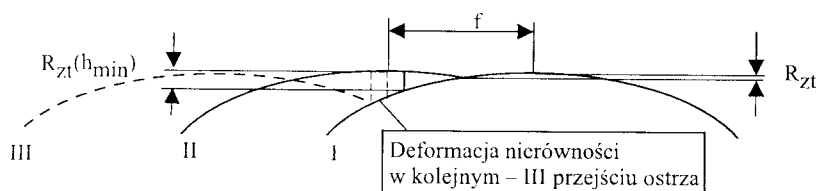
- h_i graniczna głębokość penetracji indentora w odkształcalną przestrzeń,
- r_n promień zaokrąglenia indentora (krawędzi skrawającej),
- τ_a wytrzymałość na ścinanie złączy adhezyjnych,
- σ_{ch} granica plastyczności umocnionego materiału wióra.

Oddziaływanie MGWS na wysokość nierówności związane jest ze zmiennym przekrojem warstwy skrawanej w okolicach naroża ostrza [1, 3, 4]. Powoduje to pozostawienie na powierzchni obrobionej niezeskrawanych fragmentów warstwy skrawanej wynoszących h_{\min} , zwiększających wysokość nierówności powierzchni (rys. 3), którą można wyznaczyć ze wzoru [1, 3]:

$$R_{\alpha}^B = \frac{f^2}{8r_c} + \frac{h_{\min}}{2} \left[1 + \frac{r_c \cdot h_{\min}}{f^2} \right] \quad (6)$$

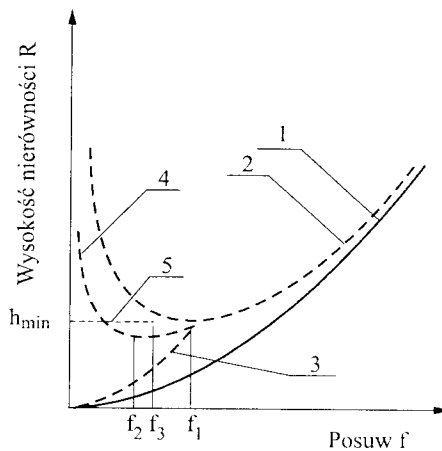
Zdaniem wielu badaczy [1, 3], w niektórych warunkach tak ukształtowana nierówność powierzchni może być deformowana w kolejnych przejściach ostrza (rys. 3). Ma to miejsce dla posuwu:

$$f \leq \sqrt{r_c \cdot h_{\min}} \quad (7)$$



Rys. 3. Ilustracja wpływu nieusuwalnej grubości warstwy skrawanej h_{\min} na wysokość nierówności dla różnych wartości h_{\min}

Prezentację graficzną znanych modeli wpływu h_{\min} na wysokość nierówności, również tych uwzględniających ponowną deformację wierzchołków nierówności, przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Wysokość teoretyczna nierówności według różnych modeli [3]:

- 1 -- model teoretyczny (1),
- 2 -- model minimalnej grubości warstwy skrawanej (6),
- 3 -- model pełnego wygładzenia w nierówności w następnym przejściu,
- 4 -- kształtowanie powtórne,
- 5 -- model wygładzania w następnym przejściach

Według [1] dobre oszacowanie wysokości nierówności uzyskuje się przez uwzględnienie wartości h_{\min} wyznaczonej ze wzoru (5). Prezentowane oszacowania wskazują na ważny praktyczny wpływ zjawiska MGWS na stan powierzchni obrabianej.

Celem pracy była wizualizacja wpływu MGWS na chropowatość powierzchni zrealizowana dla celów dydaktycznych.

2. WIZUALIZACJA WPLYWU h_{\min} NA WYSOKOŚĆ NIERÓWNOŚCI

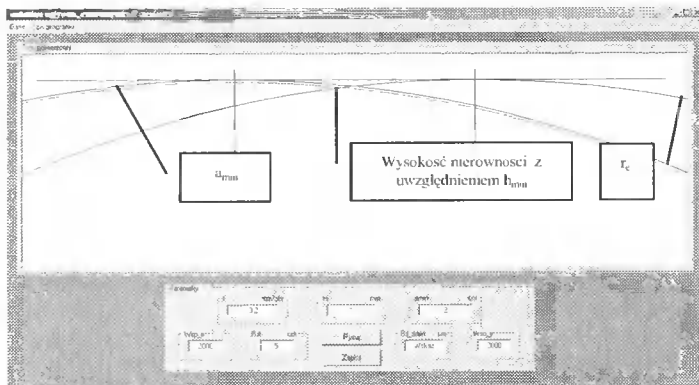
Zgodnie z przedstawionym stanem wiedzy na wysokość nierówności powierzchni po toczeniu zgodnie z zależnością (6) wpływają: posuw f i wartość promienia zaokrąglenia naroża ostrza r_c oraz MGWS h_{\min} .

W celu prezentacji i analizy wpływu zjawiska MGWS na stan powierzchni opracowano specjalny program, umożliwiający wizualizację konstytuowania nierówności w tych warunkach, jak też jej pomiar. Program zrealizowano w języku VB 6.0.

Forma programu (rys. 5) zawiera panel wprowadzania danych oraz okno wizualizacji profilu powierzchni. Jako dane do programu wprowadzane są:

- f – posuw,
- r_c – promień zaokrąglenia naroża,
- r_n – promień zaokrąglenia krawędzi skrawającej.

Dodatkowo wprowadzane są dane dotyczące powiększenia w kierunku x i y , które są jednakowe. Na ekranie prezentowane są łuki wierzchołka naroża w kolejnych położeniach oraz łuk zmniejszony o wartość hipotetycznej grubości warstwy skrawanej określonej według zależności (4). Przecięcie łuków wyznacza wysokość teoretyczną nierówności podawaną automatycznie w oknie programu. Wysokość nierówności z uwzględnieniem h_{\min} można wyznaczyć przez pokazanie punktu przecięcia łuków.



Rys. 5. Widok formy programu

Program umożliwia wizualne sprawdzenie wpływu zarówno wartości posuwu, jak i promienia r_e na wysokość nierówności. Szczególnie istotna jest jednak wizualizacja wpływu promienia r_n na wysokość nierówności, prezentująca wpływ stanu ostrza.

Dodatkowy panel (rys. 6) prezentuje zarys powierzchni w dowolnym powiększeniu pionowym. Umożliwia on porównanie uzyskanych wirtualnych profili z profilogramami powierzchni uzyskanymi dla tych samych powiększeń. Prawdopodobnie możliwe jest też zastosowanie tego panelu do przybliżonej oceny minimalnej grubości warstwy skrawanej na podstawie porównania modeli wirtualnych i profilogramów. Wymaga to jednak przeprowadzenia specjalnych badań. Celowy jest także dalszy rozwój programu przez zastosowanie modelu (5). Umożliwi to predykcję wysokości nierówności w zależności również od innych parametrów.



Rys. 6. Panel wizualizacji teoretycznego profilu nierówności w powiększeniu pionowym

3. PODSUMOWANIE

Zjawisko występowania MGWS, której wymiar związany jest szczególnie z promieniem zaokrąglenia krawędzi skrawającej, wywiera istotny wpływ na proces skrawania w zakresie małych grubości warstwy. Wpływ ten jest szczególnie istotny w zakresie posuwów o wartości poniżej 0,1 mm/obr dla ostrzy punktowych.

Ma to znaczenie praktyczne przy doborze parametrów obróbki skrawaniem obróbki wykończeniowej toczeniem. Opracowany program może być pomocny w poznawaniu wpływu tego zjawiska na stan powierzchni, a także dogodny do porównań z profilogramami powierzchni rzeczywistych.

LITERATURA

- [1] Grzesik W., 1998. Podstawy skrawania materiałów metalowych. WNT Warszawa.
- [2] Kaczmarek J., 1971. Podstawy obróbki wiórowej, ścierniej i erozyjnej. WNT Warszawa.
- [3] Kawalec M., 1990. Skrawanie hartowanych stali i żeliwa narzędziami o określonej geometrii. Rozprawy nr 234. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
- [4] Kawalec M., 1979. Fizyczne i technologiczne zagadnienia przy obróbce z małymi grubościami warstwy skrawanej. Rozprawy nr 106. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.

MINIMAL UNDEFORMED CHIP THICKNESS AFFECT ON SURFACE ROUGHNESS

Summary

Minimal undeformed chip thickness affect dependence on machined surface roughness using determined cutting tool geometry. In the paper it was shown didactics visualisation software of h_{min} and surface roughness dependencies.