

Chropowość po toczeniu materiałów stosowanych w konstrukcjach lotniczych

Surface roughness after turning of aircraft materials

TADEUSZ CHWALCZUK
MAREK RYBICKI
DARIUSZ KORZENIEWSKI
DAMIAN PRZESTACKI *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.338

W artykule określono rozbieżności między rzeczywistą wysokością mikronierówności Rz a teoretyczną Rzt oraz wartość minimalnej grubości warstwy skrawanej h_{min} dla trzech materiałów obrabianych: stopu tytanu, stali nierdzewnej oraz nadstopu niklu. Badania prowadzono dla różnych wartości posuwu f , promieni naroża r_ϵ oraz prędkości skrawania v_c .
SŁOWA KLUCZOWE: stopy lotnicze, chropowość powierzchni, minimalna grubość warstwy skrawanej

In this paper the differences between theoretical and obtained after turning surface roughness values and minimal depth of cut h_{min} for different aircraft materials were discussed. Titanium alloy, stainless steel and nickel super alloy were considered. Test were conducted for different feed range f , nose radius r_ϵ and cutting speed v_c .

KEYWORDS: aircraft materials, surface roughness, minimal depth of cut

Odwzorowanie łukowe ostrza w materiale obrabianym uwzględniające tylko wpływ odwzorowania kinematyczno-geometrycznego określone jest wzorem (1). Odstępstwa wartości rzeczywistych od teoretycznych wyrażonych przywołaną zależnością są przedmiotem analiz m.in. w pracach [1-4]. Szczególnie istotne jest to, że w przejściu wykończeniowym stosuje się często na tyle małe posuw, że dominującą rolę w powstawaniu mikronierówności zaczynają odgrywać inne czynniki, jak deformacje plastyczno-sprężyste [1], adhezja i utwardzenia materiału obrabianego [5] lub drgania [6].

$$Rzt = \frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon} \quad (1)$$

Wpływ deformacji plastyczno-sprężystych można uwzględnić przy toczeniu, obliczając teoretyczną wysokość mikronierówności ze wzoru (2):

$$Rzt = \frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon} + \frac{h_{min}}{2} \left(1 + \frac{r_\epsilon \cdot h_{min}}{f^2}\right) \quad (2)$$

$$h_{min} = k \cdot r_n \quad (3)$$

Mimo iż wzór ten daje dużo bardziej zbliżone do rzeczywistości wyniki, nie jest stosowany w praktyce. Przyczyną tego jest niepodawanie przez firmy narzędziowe promienia zaokrąglenia krawędzi skrawających r_n narzędzi oraz brak danych na temat współczynnika k dla różnych materiałów

obrabianych, szczególnie tych współcześnie stosowanych. Wielkości te są potrzebne do określenia minimalnej grubości warstwy skrawanej h_{min} zawartej we wzorze (3).

W artykule przedstawiono sposób oszacowania współczynnika k w oparciu o pomiary rzeczywistej wysokości mikronierówności. Określono też zakres posuwu f i promienia naroża r_ϵ , dla którego należy stosować wzór (1) lub (2).

Zakres, warunki i technika badań

Toczenie wzdłużne powierzchni zewnętrznych walcowych przeprowadzono na tokarce CTX 310 ECOLINE. Materiałem obrabianym były: stop tytanu Ti6Al4V, stal nierdzewna X6CrNiTi18-10 oraz nadstop niklu Inconel 718 skrawanych przy wartościach v_c [m/min] odpowiednio: 75, 150, 35.

Zastosowano płytki skrawające CNMG1204 o trzech różnych promieniach naroża r_ϵ , dla których stosowano różne zakresy posuwu f (tablica). Geometria łamacza wióra wg producenta – SM. Materiał narzędziowy: węgiel gatunku 1125 z powłoką TiAlN + tlenek chromu nanoszoną metodą PVD (wg f. Sandvik Coromant). Zastosowana oprawka: DCLNL 2020K12, kąt przystawienia głównej $\kappa_r = 95^\circ$.

TABLICA. Wartości parametrów zmiennych: posuwów f zastosowanych dla poszczególnych promieni naroża r_ϵ

Promień naroża r_ϵ , mm	0,8	0,4	1,2
Posuw f , mm/obr	0,01	-	-
	0,02	0,02	-
	0,03	0,03	0,03
	0,05	0,05	0,05
	0,09	0,09	0,09
	-	0,17	0,17
	-	-	0,33

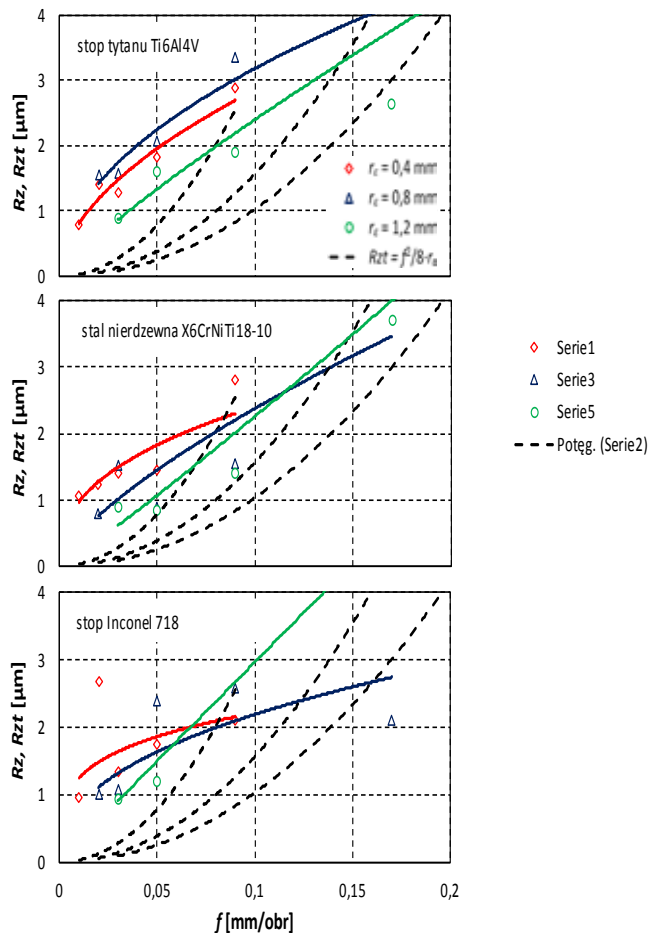
Chropowość powierzchni rejestrowano na profilografometrze Hommel Tester T500 z wykorzystaniem oprogramowania Turbo Datawin-NT 1.34. Mierzono parametr chropowości Rz według DIN na odcinku pomiarowym $Lt = 4,80$ mm. Wykonywano po sześć powtórzeń pomiaru parametru Rz dla każdej z uzyskanych powierzchni. Optyczne pomiary r_ϵ przeprowadzono za pomocą urządzenia IF-ED-GEMASTER produkcji firmy Alicona.

Ograniczenia prezentowanej metody szacowania h_{min} związane są z dokładnością pomiaru parametrów chropowości oraz pomiaru promienia r_ϵ . Błąd pomiarowy bezpośrednio przekłada się na błąd szacowania prezentowanej metody. Przeprowadzony pomiar r_ϵ zapewnia większą dokładność, tym samym zmniejszając błąd metody.

* Mgr inż. Tadeusz Chwalczuk (tadeusz.chwalczuk@put.poznan.pl), dr inż. Marek Rybicki, mgr inż. Dariusz Korzeniewski, dr inż. Damian Przystacki (damian.przystacki@put.poznan.pl) – Politechnika Poznańska

Analiza wyników badań

Na rys. 1 przedstawiono parametry chropowatości Rz i Rzt w zakresie uzyskiwanych wartości do $4 \mu\text{m}$. Uzyskiwana chropowatość zależy głównie od posuwu f i promienia naroża r_ϵ , a stosowane materiały obrabiane dają statystycznie podobną wartość chropowatości. Dla stali nierdzewnej i stopu tytanu parametr Rz o wartości 1 lub $2 \mu\text{m}$ można uzyskać, stosując największy promień naroża r_ϵ , co daje największą wydajność obróbki. Przy stopie żaroodpornym i oczekiwanej wartości $Rz \geq 2 \mu\text{m}$ tak duży promień naroża nie jest pożądany z tego punktu widzenia.



Rys. 1. Wpływ posuwu f na rzeczywistą i teoretyczną wysokość mikronierówności Rz i Rzt podczas toczenia różnych materiałów

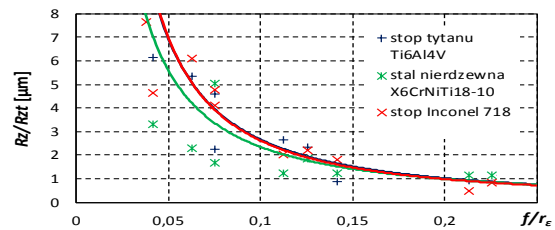
Na rys. 2 przedstawiono rozbieżność między wartościami Rz i Rzt w postaci ilorazu. Najmniejszą rozbieżność ($Rz/Rzt = 1$) uzyskuje się przy wartości stosunku $f/r_\epsilon = 0,2$. Poniżej tej wartości należałoby uwzględnić również wpływ deformacji sprężysto-plastycznych z wzoru (2). Obszar ten przyjęto do dalszych analiz.

Po podstawieniu $Rzt = Rz$ do wzoru (2) i jego przekształceniu uzyskano minimalną grubość warstwy skrawanej h_{\min} różnych materiałów. Pozwala to oszacować wartości h_{\min} i k dla obliczeń rzeczywistej wysokości mikronierówności Rz .

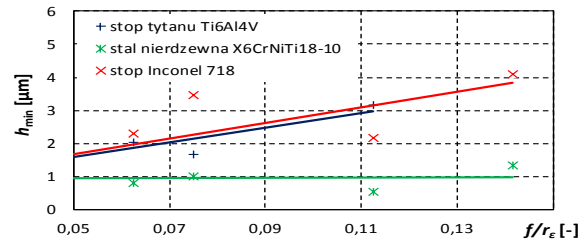
$$h_{\min} = \frac{f(2\sqrt{2}\sqrt{r_\epsilon}\sqrt{Rz}-f)}{2 \cdot r_\epsilon} \quad (4)$$

Na rys. 3 przedstawiono obliczone wartości h_{\min} dla zakresu f/r_ϵ , w którym konieczne jest uwzględnienie deformacji sprężysto-plastycznych przy obliczaniu wysokości chropowatości. Najmniejsze wartości $h_{\min} = 1 \mu\text{m}$ i niezależne od stosunku f/r_ϵ występują podczas obróbki stali nie-

rdzewnej. Stop tytanu i nadstopu niklu okazuje się z punktu widzenia występowania większych deformacji sprężysto-plastycznych i jej skutków gorzej skrawalny. Wartość h_{\min} uwarunkowana jest wpływem wielu czynników, które w prezentowanych badaniach przyjęto za stałe.



Rys. 2. Wpływ stosunku posuwu do promienia naroża f/r_ϵ na rozbieżność między rzeczywistą i teoretyczną wysokością mikronierówności określoną stosunkiem Rz/Rzt



Rys. 3. Wpływ stosunku f/r_ϵ na wartość minimalnej grubości warstwy skrawanej h_{\min} różnych materiałów obrabianych

Podsumowanie

Prezentowano metodykę doświadczalnego szacowania minimalnej grubości warstwy skrawanej metodą porównawczą wartości teoretycznych i rzeczywistych. Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki, można sformułować następujące wnioski końcowe:

- największe odstępstwa Rz/Rzt zaobserwowano w zakresie $f \leq 0,05 \text{ mm/obr}$ dla całego analizowanego zakresu r_ϵ ,
- w analizowanym zakresie parametrów zmiennych największe zaburzenia związane z wpływem deformacji sprężysto-plastycznych zaobserwowano dla Inconelu 718 oraz Ti6Al4V, w szczególnym przypadku nawet 4-krotnie większe niż dla stali nierdzewnej.

Prezentowane wyniki badań zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Badań Stosowanych nr 244445.

LITERATURA

1. Kawalec M., „Fizyczne i technologiczne zagadnienia przy obróbce z małymi grubościami warstwy skrawanej”. *Rozprawy*. Nr 106. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1980.
2. Storch B., Zawada-Tomkiewicz A., „Distribution of unit forces on the tool edge rounding in the case of finishing turning”. *Int. J. Manuf. Technol.* Vol. 60 (2012): pp. 453-461.
3. Nowakowski Ł., Skyrzniarz M., Mikko E., „Porównanie sposobu wyznaczania wartości minimalnej grubości warstwy skrawanej dla toczenia i frezowania”. *Mechanik*. Nr 08/09 (2015): s. 773-741.
4. Matuszak J., Zaleski K., „Badania porównawcze wpływu frezowania na chropowatość powierzchni i mikrotwardość warstwy wierzchniej stopu tytanu Ti6Al4V oraz stali nierdzewnej 15-5PH”. *Archives of Mechanical Technology and Materials*. T. 31. Nr 2, art. 6 (2011): s. 59-69.
5. Chwalczuk T., Kawalec M., Szablewski P., „Wybrane właściwości warstwy wierzchniej po toczeniu tradycyjnym i ukośnym ostrzami ceramicznymi nadstopu niklu Inconel 718 po nagrzewaniu laserowym”. *Mechanik*. Nr 7-8 (2012): s. 409-414.
6. Wojciechowski S., Twardowski P., Wieczorowski M., „Surface texture analysis after ball end milling with various surface inclination of hardened steel”. *Metrology and Measurement Systems*. Vol. 21, Iss. 1 (2014): pp. 145-156.