

Ocena energetyczna wybranych parametrów stereometrii ostrza z CBN na kształtowanie powierzchni po toczeniu stali o podwyższonej twardości

Assessment of energy selected parameters stereometry cutting edge of CBN on the shaping surface after turning steel with high hardness

PIOTR NIESŁONY
KRZYSZTOF ŻAK
ROMAN CHUDY *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.373

W artykule przeprowadzono ocenę energetyczną toczenia stali 41Cr4 utwardzonej do ok. 55 ± 1 HRC dla wybranych stereometrii ostrza z CBN. Analizie poddane zostały wybrane parametry profilu chropowatości, zmiany wartości siły skrawania oraz energii procesu po toczeniu ostrzami o różnym promieniu naroża.

SŁOWA KLUCZOWE: stal utwardzona, chropowatość powierzchni, siła skrawania, energia właściwa, promień naroża

In the article assessed energetic 41Cr4 turning steel hardened to 55 ± 1 HRC selected stereometry cutting edge of CBN. Have been analysed selected roughness profile parameters, changes in cutting forces and the power cutting edge of the process after turning on different corner radius.

KEYWORDS: hardened steel, surface roughness, cutting force, specific energy, corner radius

Skrawanie na twardo jest we współczesnym przemyśle preferowaną metodą obróbki, zastępującą w niektórych przypadkach operacje szlifowania takich części maszyn, jak wałki, koła zębate, elementy łożysk czy urządzeń hydraulicznych. Pomimo rosnącej popularności i coraz lepiej poznanych aspektów mechaniki procesu skrawania na twardo naukowcy nadal skupiają się na badaniu zjawisk dotyczących zużycia ostrza skrawającego, stanu warstwy wierzchniej i uzyskiwanej dokładności wymiarowej [1÷3]. Podobnie bilans energetyczny tego procesu jest ciągle jeszcze słabo zbadany. Podczas skrawania materiałów utwardzonych oddziaływanie ostrza na twardej materiał jest bardzo specyficzne. W dodatku zużycie ostrza wpływa na zwiększenie tarcia o powierzchnię obrobioną, co utrudnia wejście ostrza w materiał i oddzielanie się wióra [4]. Dla trwałości narzędzia i efektywności obróbki w toczeniu twardych materiałów duże znaczenie mają również zastosowana geometria ostrza skrawającego oraz postać krawędzi skrawającej. Na podstawie prowadzonych do tej pory badań stwierdzono, że w opisie mechaniki i dynamiki procesu skrawania na twardo nie można pomijać siły odporowej, która jest zasadniczo większa w porównaniu z obróbką konwencjonalną, gdzie $F_p = (0,3\div 0,5) F_c$ [1, 4]. Większe wartości stosunku sił F_p i F_c występują wtedy, gdy stosowane parametry skrawania wpływają na zmniejszenie średniej grubości warstwy skrawanej. Wyraźnie zauważalne jest to przy toczeniu ostrzami o dużych promieniach naroża, takich jak $r_\epsilon = 0,8$ czy $1,2$ mm [1, 5].

Z prowadzonych dotąd badań wynika, że promień naroża zmienia geometrię warstwy skrawanej i wpływa na wzrost sił odporowej w toczeniu na twardo [1]. W artykule przeprowadzono analizę energetyczną dla wybranych promieni naroża ostrzy z CBN w toczeniu na twardo stali 41Cr4 (AISI 5140), opartą na wynikach pomiarów składowych siły skrawania przeprowadzonych dla zmiennej prędkości skrawania, stałej głębokości i stałego posuwu. Dodatkowo oceniano jakość powierzchni na podstawie wyselekcjonowanych parametrów chropowatości.

Warunki badań

Próby toczenia przeprowadzono na próbkach ze stali 41Cr4 o twardości ok. 55 ± 1 HRC. Do skrawania użyto płytek ostrzowych z narożami z CBN CB 7015 typu TNGA firmy Sandvik Coromant. Próby toczenia prowadzono dla pięciu prędkości skrawania (150, 180, 210, 240, 270) m/min, stałego posuwu $f = 0,1$ mm/obr i głębokości skrawania $a_p = 0,2$ mm oraz trzech zmiennych promieniach zaokrąglenia naroża $r_\epsilon = (0,4; 0,8$ i $1,2)$ mm. Składowe siły skrawania mierzono w sposób ciągły za pomocą trójściłowego siłomierza piezoelektrycznego Kistler – model A9129AA. Natomiast pomiary chropowatości powierzchni przeprowadzono na profilometrze TOPO-01P z igłą o promieniu zaokrąglenia równym $2\pm 0,5$ μm . Próby toczenia zostały przeprowadzone na tokarce CNC GENOS L200 firmy OKUMA.

Wyniki badań

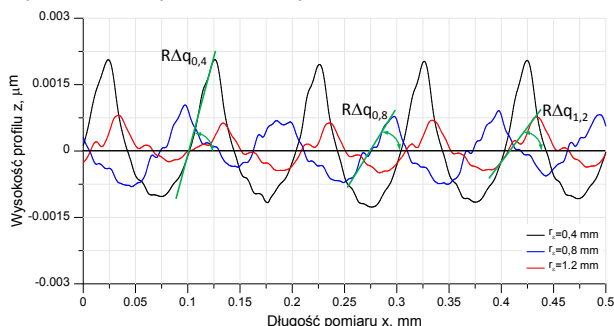
Analizując otrzymane wyniki profili chropowatości powierzchni, można zauważyć, że wraz ze zwiększaniem promienia naroża otrzymywano profile o mniejszym pochyleniu, zdefiniowanym poprzez $R\Delta q$, co przedstawiono na rys. 1.

Największe wartości parametru Ra otrzymano po obróbce ostrzem o najmniejszym promieniu naroża $r_\epsilon = 0,4$ mm, co zostało przedstawione na rys. 2.

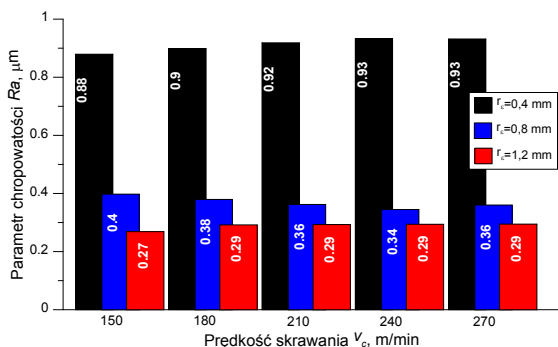
Porównując uśrednione wartości parametru chropowatości Ra dla najmniejszego i największego z zastosowanych promieni naroża, odpowiednio $r_\epsilon = (0,4$ i $1,2)$ mm, stwierdzono, że dla największego r_ϵ uzyskano obniżenie Ra o średnio $0,62$ μm , co stanowi aż 68%. Podobny efekt obniżenia wartości parametrów chropowatości dla największego promienia naroża stwierdzono dla parametru Rz . W tym przypadku dla $r_\epsilon = 0,4$ mm, średnie $Rz = 3,55$ μm , a dla $r_\epsilon = 1,2$ mm średnie $Rz = 1,41$ μm , co stanowi zmianę o 59%.

* Dr hab. inż. Piotr Niesłony, prof. PO (p.nieslony@po.opole.pl), dr inż. Krzysztof Żak (k.zak@po.opole.pl), mgr inż. Roman Chudy (r.chudy@po.opole.pl) – Politechnika Opolska

$$R\Delta q_{0,4}=4,47^\circ; R\Delta q_{0,8}=2,09^\circ; R\Delta q_{1,2}=1,72^\circ$$

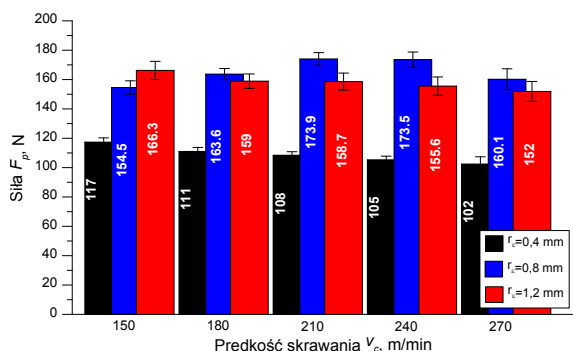


Rys. 1. Porównanie profili chropowatości po obróbce ostrzem o różnej konfiguracji promienia naroża dla $v_c = 180$ m/min



Rys. 2. Parametr chropowatości R_a po obróbce ostrzem o różnej konfiguracji promienia naroża

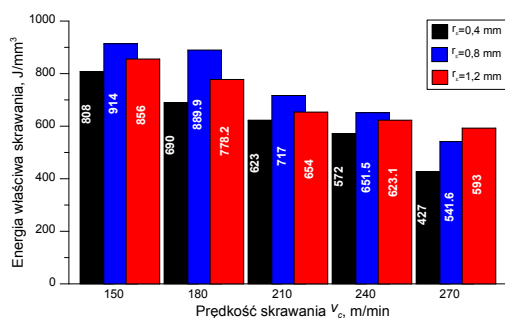
Ze względu na dominujący charakter składowej odporowej podczas prób toczenia analizy siły skrawania dokonano jedynie w oparciu o tę składową. Na rys. 3 przedstawiono zmiany wartości siły F_p dla zmiennych promieni naroża r_ϵ . Zgodnie z oczekiwaniami wraz ze wzrostem prędkości skrawania maleją wartości składowej siły F_p . Najniższe siły uzyskano dla $r_\epsilon = 0,4$ mm (ok. 102 N). Dla większych promieni naroża średnie wartości zmian tej siły wahają się w przedziale 150÷174 N. Sama fluktuacja siły w funkcji prędkości skrawania nie jest znaczna i dla wszystkich ocenianych r_ϵ mieści się w zakresie 18 N. Interesujący jest fakt uzyskania znaczącego obniżenia F_p dla małego r_ϵ . Niestety, nie koreluje to z jakością uzyskiwanej powierzchni. Zastosowanie takiego ostrza do obróbki wykończeniowej jest mało racjonalne.



Rys. 3. Zmiany sił odporowej F_p w czasie próby skrawania

Oceny zmiany prędkości skrawania v_c dla ostrzy ze zmiennymi promieniami naroża w kontekście wymagań energetycznych dokonano w oparciu o energię właściwą skrawania (e_c), wyliczoną na podstawie bezpośrednich pomiarów mocy członów roboczych obrabiarki [6]. Energia właściwa skrawania określa wydatek energii wymagany do usunięcia jednostki objętości materiału w zależności

od wartości siły skrawania F_c . Na rys. 4 przedstawiono różnice w wartościach energii dla zmiennej prędkości skrawania i zmiennego promienia naroża ostrza z CBN. Można zauważyć, że największe wartości energii $e_c \approx 914$ J/mm³ osiągnęto dla małych prędkości skrawania. Najwyższe wartości e_c uzyskano dla $v_c = (150 \div 180)$ m/min i promienia zaokrąglenia $r_\epsilon = 0,8$ mm. Porównywalny wydatek energii dla wszystkich analizowanych r_ϵ uzyskano dla średnich wartości ustalonego zakresu prędkości skrawania $v_c = (210, 240)$ m/min. W tym też aspekcie wydaje się uzasadnione przyjęcie tego zakresu v_c do zastosowań praktycznych w przypadku obróbki stali 41Cr4 w stanie utwardzonym.



Rys. 4. Zmiany energii właściwej skrawania w czasie próby skrawania. Wyniki eksperymentalne

Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań wynika, że największy wpływ na chropowatość powierzchni ma zastosowany promień zaokrąglenia naroża r_ϵ . Zgodnie z oczekiwaniami najmniejsze wartości chropowatości uzyskano po toczeniu ostrzem z $r_\epsilon = 1,2$ mm.

Dominującą składową siły skrawania podczas obróbki stali 41Cr4 w stanie utwardzonym była siła odporowa. Nie stwierdzono istotnego wpływu prędkości na zmianę (obniżenie) wartości siły F_p . Stwierdzono znaczące obniżenie tej siły dla małego promienia naroża ostrza, jednak nie koreluje to z jakością uzyskiwanej powierzchni. W tym też przypadku zastosowanie takiego ostrza do obróbki wykończeniowej jest mało racjonalne.

Dla średnich wartości prędkości skrawania $v_c = (210, 240)$ m/min uzyskano porównywalny wydatek energii dla wszystkich analizowanych r_ϵ . Wydaje się więc uzasadnionym przyjęcie tego zakresu v_c do zastosowań produkcyjnych w przypadku obróbki stali 41Cr4 w stanie utwardzonym. Oceniając globalnie kryteria energetyczne, należy zauważyć, że otrzymane wyniki badań sugerują stosowanie ostrzy z małymi promieniami naroża. Nie koreluje to jednak z jakością uzyskanej powierzchni, gdzie najlepszą chropowatość otrzymano po obróbce ostrzami z promieniem zaokrąglenia $r_\epsilon = 1,2$ mm.

LITERATURA

- Grzesik W., Żak K. „Badanie wpływu zużycia ostrza na energię właściwą w dokładnym toczeniu stali 16MnCrS5 (AISI 5115)”. *Mechanik*. R. 88, nr 8÷9 (2015): s. 140÷148.
- Davim J.P. *Machining of Hard Materials*. London: Springer, 2011.
- Grzesik W. „Wpływ topografii powierzchni na właściwości eksploatacyjne części maszyn”. *Mechanik*. R. 88, nr 8÷9 (2015): s. 587÷593.
- Grzesik W. *Podstawy skrawania materiałów konstrukcyjnych*. Warszawa: WNT, 2010.
- Mayer R., Köhler J., Denkena B. „Influence of the tool corner radius on the tool wear and process forces during hard turning”. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 58 (2012): pp. 933÷940.
- Chudy R., Grzesik W. „Badanie energochłonności toczenia i nagniatania stali utwardzonej”. *Mechanik*. R. 88, nr 8÷9 (2015): s. 409÷414.