

Ocena chropowości powierzchni po frezowaniu narzędziem ze zmodyfikowanym tłumikiem drgań

Evaluation of surface roughness after milling with a tool with modified vibration damper

PIOTR LÖSCHNER
PIOTR NIESŁONY
ROMAN CHUDY
PAWEŁ BIŁOUS
MAREK LIPOWCZYK*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.8-9.114>

W artykule przedstawiono wyniki badań wybranych parametrów chropowości powierzchni po frezowaniu głowicą frezową z oprawką standardową oraz specjalną oprawką ze zmodyfikowanym tłumikiem drgań. Badania realizowano na autorskim stanowisku testowym. Uzyskano wyniki potwierdzające pozytywny wpływ zmodyfikowanego tłumika drgań na jakość obrobionej powierzchni.

SŁOWA KLUCZOWE: frezowanie, narzędzie z tłumikiem drgań, chropowość powierzchni

This article presents the research results regarding chosen surface roughness parameters after milling with a standard holder and a holder equipped with a special modified vibration damper. The experimental research was conducted on a novel research stand. Obtained results have confirmed a positive effect of the modified vibration damper on machined surface quality.

KEYWORDS: milling, vibration damping holder, surface roughness

Drgania obecne w procesie skrawania są jednym z typowych problemów technologicznych. W dużym stopniu wpływają na jakość powierzchni oraz wydajność procesu skrawania [1–3], a także na trwałość narzędzia i samej obrabiarki [4, 5]. Głównym źródłem drgań w trakcie obróbki jest zmienna w czasie siła skrawania, która wynika z technologicznych i geometrycznych warunków pracy ostrza narzędzia skrawającego naddatek materiału.

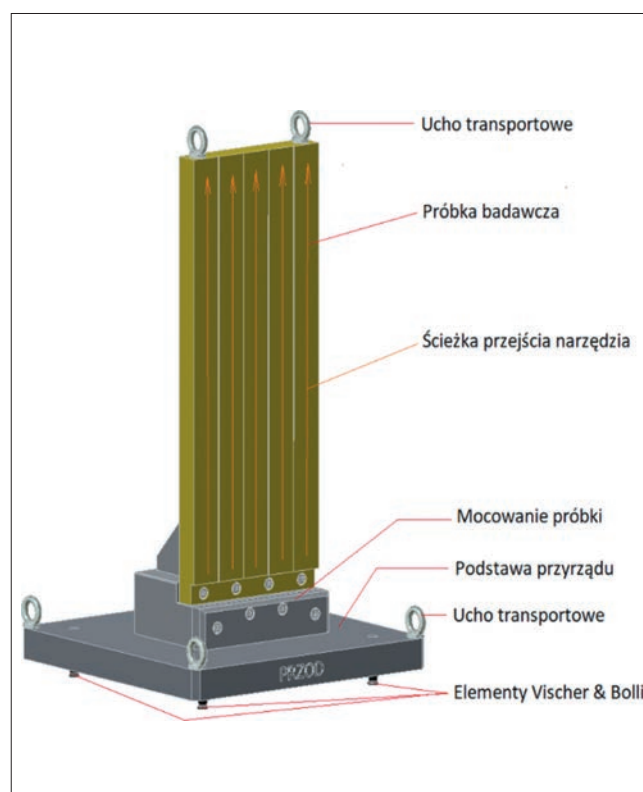
Istnieje wiele metod zmniejszania drgań w procesie skrawania. Jedną z najczęściej wykorzystywanych jest odpowiedni dobór parametrów technologicznych obróbki [7]. Możliwe jest także ograniczenie drgań przez zmianę charakterystyki dynamicznej narzędzia skrawającego czy ingerencję w system mocowania obrabianego przedmiotu. W niniejszym artykule autorzy skupili się na ocenie jakości powierzchni po frezowaniu dwoma typami narzędzi, różniących się charakterystyką tłumienia zastosowanych opravek narzędziowych.

* Mgr inż. Piotr Löschner (pleszner1@gmail.com), dr hab. inż. Piotr Niesłony, prof. PO (p.nieslony@po.opole.pl), mgr inż. Roman Chudy (romanchudy87@gmail.com) – Katedra Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji, Wydział Mechaniczny Politechniki Opolskiej; Paweł Biłous, Marek Lipowczyk (pawel@ferrpol.pl) – Ferrpol Bracia Matuszewscy Sp. z o.o.

Stanowisko badawcze, zakres i metodyka badań

Do realizacji badań eksperymentalnych wybrano nowoczesne, czteroosiowe centrum frezarskie MA600HB firmy OKUMA. Charakteryzuje się ono bardzo sztywną konstrukcją oraz dużą mocą wrzeciona (22 kW). Obrabiarkę wyposażono w specjalnie opracowany przyrząd mocujący próbki badawcze. Konstrukcja przedstawiona na rys. 1 pozwalała na powtarzalne prowadzenie badań eksperymentalnych w ustalonych warunkach obróbki.

Dzięki odpowiedniemu systemowi mocowania obrabiana próbka cechowała się zmienną sztywnością, ocenianą w zależności od drogi przejścia narzędzia. Obrabiany element wykonano z blachy S355N o grubości 50 mm, odpowiednio wyprofilowanej, aby po obróbce zapewnić



Rys. 1. Oprzyrządowanie badawcze z mocowaniem modułowym



Rys. 2. Narzędzia skrawające: a) narzędzie standardowe, złożone z oprawki TC50H160D27E i głowicy Mitsubishi ASX 400 08 B04 R; b) narzędzie specjalne, złożone z oprawki FNF5-01-90 i głowicy Mitsubishi ASX 400 08 B04 R

możliwość pomiaru chropowatości na każdej wysokości obrabianej powierzchni. Oprzyrządowanie badawcze zostało wyposażone w kołki firmy Vischer & Bolli o specjalnej konstrukcji, dzięki którym możliwe było jego ustalenie i zamocowanie na stole obrabiarki z bardzo dużą dokładnością, bez konieczności ponownego bazowania.

Do przeprowadzenia badań eksperymentalnych wykorzystano dwa typy narzędzi frezarskich. Pierwsze narzędzie składało się ze standardowych, komercyjnych modułów. Drugie narzędzie wyposażono w chwyt z wbudowanym tłumikiem drgań, opracowanym przez firmę Ferrpol. Charakterystyczną cechą obu narzędzi jest równa długość wysięgu zmontowanego układu oraz zastosowanie identycznej głowicy frezarskiej.

Pierwsze narzędzie (rys. 2a) zbudowano z oprawki standardowej typu TC50H160D27E z chwytem SK50 oraz głowicą Mitsubishi o średnicy $\varnothing 80$ i oznaczeniu ASX 400 08 B04 R. Głowica narzędziowa została wyposażona w cztery płytki SOMT 12 T 308 PEER-JH z powłoką VP15TF.

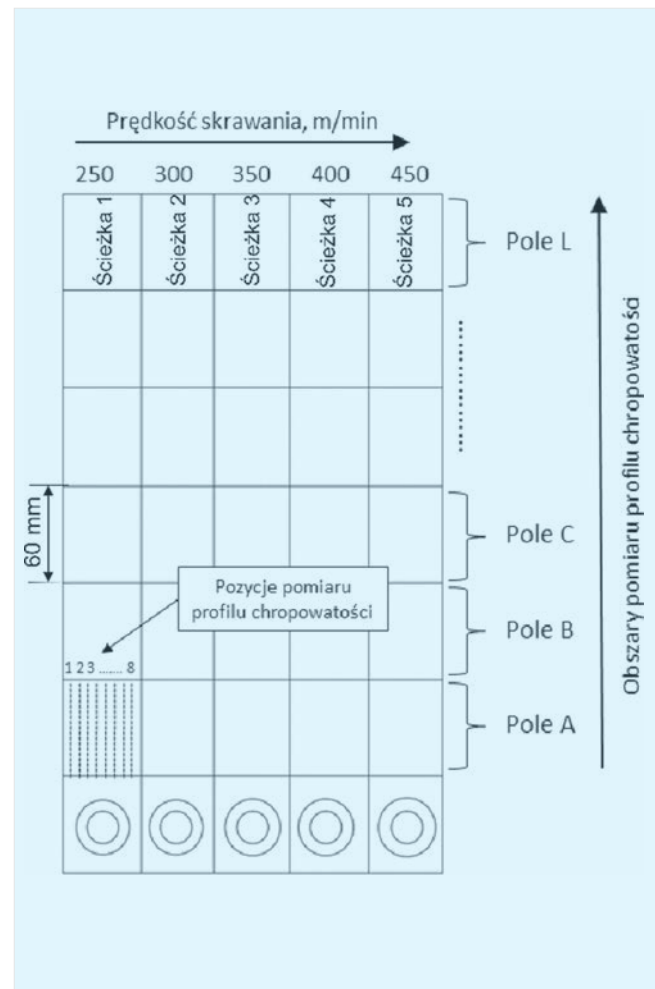
Identyczną głowicę zastosowano w drugim narzędziu (rys. 2b), które składało się z oprawki specjalnej FNF5-01-90 z chwytem SK50, wyposażonej w tłumik drgań o specyficznej geometrii i z poliuretanowym wypełnieniem.

Badania prowadzono na dwóch płytach testowych, wykonanych z tego samego materiału i w tej samej technologii obróbki, aby zachować w miarę identyczne warunki początkowe. Pierwszy zestaw testów wykonano za pomocą standardowego narzędzia, z parametrami podanymi w tablicy.

TABLICA. Plan badawczy dla narzędzia standardowego oraz narzędzia ze zmodyfikowanym tłumikiem drgań

Ścieżka	1	2	3	4	5
Prędkość skrawania v_c , m/min	250	300	350	400	450
Posuw na ostrze f_z , mm/ostrze	0,2				
Głębokość skrawania a_p , mm	1,5				
Szerokość skrawania a_e , mm	48				

Drugi zestaw testów powtórzono, dla identycznych warunków technologicznych na kolejnej płycie, narzędziem z tłumikiem drgań. Plan badawczy zakładał ocenę funkcjonalności narzędzia z tłumikiem drgań jedynie w aspekcie zmiennej prędkości skrawania v_c – z przedziału 250÷450 m/min. Pozostałe parametry technologiczne były niezmiennie. Głównym kryterium funkcjonalności narzędzia z tłumikiem drgań była chropowatość powierzchni oceniana w obrębie 12 pól (od A do L) o wysokości 60 mm każde (rys. 3). W ramach każdego pola wykonano osiem powtórzeń pomiaru profilu chropowatości, które uśredniono i opracowano statystycznie.

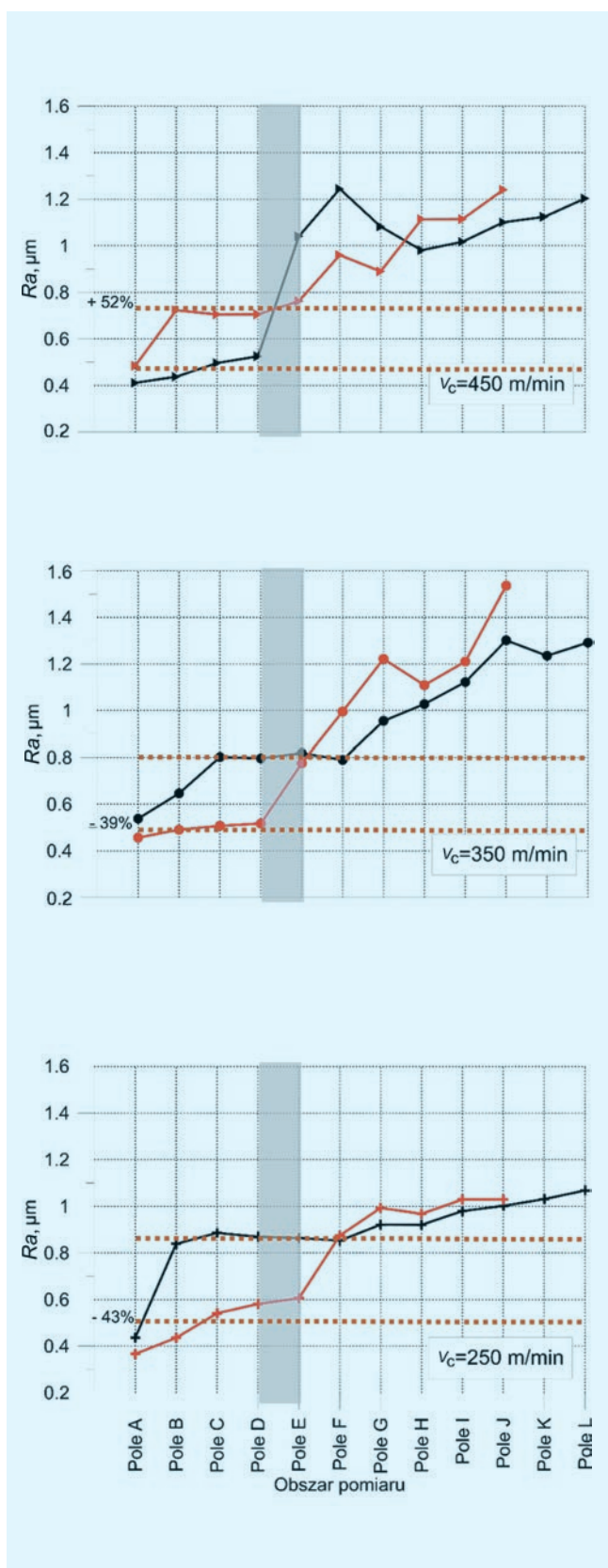


Rys. 3. Schemat wyznaczania obszarów i pozycji pomiaru profilu chropowatości dla ustalonego zakresu prędkości skrawania

Analiza wyników badań

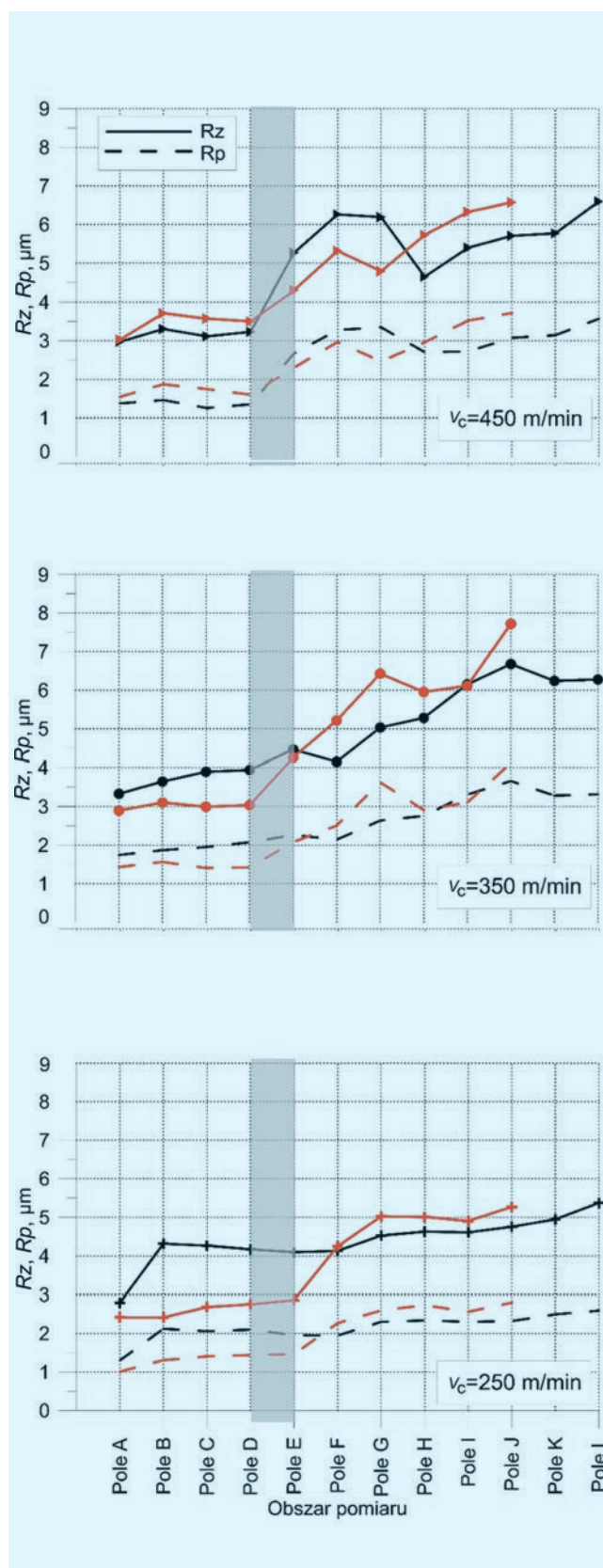
Chropowatość powierzchni mierzono za pomocą profilometru firmy MAHR MarSurf PS 10. Oceniano szereg parametrów, z których wyselekcjonowano trzy: R_a , R_z oraz R_p . Na rys. 4 i 5 przedstawiono wyniki pomiaru chropowatości dla reprezentatywnych wartości prędkości skrawania.

Analizując te wyniki, można stwierdzić, że do wysokości frezowania odpowiadającej polu E (rys. 4), czyli ok. 300 mm od miejsca zamocowania, w zakresie prędkości $v_c = 250\div 350$ m/min niższe wartości R_a uzyskano w przypadku zastosowania narzędzia z tłumikiem drgań. Zastosowanie zmodyfikowanego tłumika drgań pozwoliło na zmniejszenie parametru R_a średnio o 40% w stosunku do narzędzia komercyjnego.



Rys. 4. Średnie wartości zmian parametru R_a w funkcji pola pomiaru i prędkości skrawania, uzyskane przy frezowaniu narzędziem klasycznym (linie czarne) oraz narzędziem ze zmodyfikowanym tłumikiem drgań (linie czerwone)

Przy wyższej prędkości skrawania $v_c = 450$ m/min najlepszą chropowatość uzyskano po zastosowaniu narzędzia komercyjnego – w tym przypadku wartość R_a obniżyła się z $0,8 \pm 0,9$ μm do $0,5$ μm . Dla tego narzędzia racjonalne jest zatem stosowanie wyższych prędkości skrawania.



Rys. 5. Średnie wartości zmian parametrów R_z i R_p w funkcji pola pomiaru i prędkości skrawania, uzyskane po frezowaniu narzędziem klasycznym (linie czarne) oraz narzędziem ze zmodyfikowanym tłumikiem drgań (linie czerwone)

Na wysokości frezowania powyżej 300 mm, czyli w zakresie pól E=L, charakterystyka zmian wartości R_a w odniesieniu do badanych narzędzi jest porównywalna. Wrzaz oddalaniem się od miejsca mocowania rośnie R_a , osiągając $1,2 \pm 1,5$ μm .

Parametr Ra reprezentuje średnie arytmetyczne odchylenie profilu od linii średniej, więc nie jest wrażliwy na szereg zaburzeń profilu. Z tego powodu przeprowadzono dodatkową ocenę jakości powierzchni na podstawie Rz i Rp (rys. 5). Zaobserwowano podobny charakter zmian wartości tych parametrów, choć wraz ze wzrostem v_c różnice pomiędzy Rz na korzyść narzędzia z tłumikiem się zmniejszają – dla $v_c = 250$ m/min różnica wynosi ok. 40%, podczas gdy dla $v_c = 350$ m/min jedynie 25%.

Dodatkowo niezależnie od zastosowanych narzędzi zaobserwowano stabilizację parametrów chropowatości (Ra , Rz i Rp) dla pól B+E, co odpowiada sztywniejszemu obszarowi płyty testowej. Zauważono również, że profil chropowatości uzyskany podczas tych prób frezowania jest bardzo symetryczny. Dla wszystkich analizowanych przypadków wartość parametru Rp odpowiadała ok. połowie wartości Rz . Jak wiadomo, $Rz = Rp + Rv$ (Rp jest wysokością najwyższego wzniesienia, a Rv – głębokością najniższego wgłębienia profilu). Uzyskuje się więc profil symetryczny, niezaburzony w istotny sposób wpływem drgań obróbkowych.

Podsumowanie

Drgania są nieodłącznym elementem procesu skrawania. Konstruktorzy poszukują różnych rozwiązań, aby w jak największym stopniu ograniczyć negatywny wpływ drgań w trakcie obróbki. Przedstawione rozwiązanie narzędzia skrawającego, wyposażonego w specjalną oprawkę z tłumikiem drgań, potwierdza możliwość wpływania na charakterystyki drganiowe procesu poprzez wprowadzanie odpowiednich zmian konstrukcyjnych w obszarze narzędzi skrawających.

Zaprezentowane wyniki badań i analiza parametrów chropowatości składają do następujących wniosków:

- zmodyfikowane narzędzie, wyposażone w specjalną oprawkę z tłumikiem drgań, najlepiej spełnia swoją rolę (ze względu na możliwość uzyskania minimalnej chropowatości) w przypadku obróbki powierzchni przy niższych prędkościach skrawania;
- przy $v_c = 250$ m/min zastosowanie zmodyfikowanego narzędzia spowodowało zmniejszenie chropowatości – zarówno parametru Ra , jak i Rz – o prawie 40%;
- niezależnie od zastosowanych narzędzi wartości parametrów chropowatości stabilizowały się dla sztywniejszego obszaru płyty testowej;
- profil chropowatości uzyskany podczas prób frezowania jest symetryczny, na co wskazują wartości parametrów Rz oraz Rp .

Zastosowanie zmodyfikowanego narzędzia z tłumikiem drgań ma racjonalne uzasadnienie. Należy jednak dokładnie sprecyzować zakres parametrów technologicznych, przy których narzędzie będzie poprawnie funkcjonować. Jednoznacznie stwierdzono, że zastosowanie zmodyfikowanego narzędzia nie wpłynęło negatywnie na jakość obrabianej powierzchni, a wskazane korzyści mogą przemawiać za dalszym rozwijaniem i udoskonalaniem tej konstrukcji.

LITERATURA

1. Jemielniak K., Nejman M., Śnieguska-Grądzka D. „Analityczne i numeryczne wyznaczenie granicy stabilności przy toczeniu”. *Inżynieria Maszyn*. 17 (2012): s. 81–92.
2. Szulewski P., Śnieguska-Grądzka D. „Systemy automatycznego monitorowania drgań w obrabiarkach”. *Mechanik*. 3 (2017): s. 170–175.
3. Vikram K., Ratnam Ch., Sankar K. “Vibration diagnosis and prognostics of turn-milling operations using HSS and carbide end mill cutters”. *Procedia Technology*. 23 (2016): s. 217–224.
4. Cheng Z., Xia Zhu M. “Kinematics simulation and vibration mode analysis of micro turn-milling machine tool”. *Key Engineering Materials*. 589 (2014): s. 378–383.
5. Liu K., Zhang Z., Jin X. “Analysis of the vibration mechanism in the turn-milling machining of micro-miniature shafts”. *Advanced Materials Research*. 652 (2013): s. 2232–2236.
6. Weremczuk A., Rudzik M., Rusinek R. „Badania doświadczalne stabilności procesu frezowania stopu Inconel X750”. *Mechanik*. 88 (2015): s. 61–63.
7. Parus A., Hoffmann M., Bodnar A. „Zastosowanie aktywnych układów eliminacji drgań w procesie skrawania”. *Inżynieria Maszyn*. 16 (2011): s. 82–94. ■