

Wpływ warunków chłodzenia na chropowatość powierzchni po frezowaniu

The influence of cooling conditions on surface roughness after milling

TADEUSZ LEPPERT
TOMASZ PACZKOWSKI
ROBERT POLASIK *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.391

W artykule przedstawiono badania porównawcze chropowatości powierzchni po frezowaniu – na sucho, z MQL i emulsją – stali węglowej C45 i stopu aluminium PA4, w zakresie wysokich prędkości skrawania.

SŁOWA KLUCZOWE: chropowatość powierzchni, frezowanie na sucho, minimalne smarowanie, MQL

The article presents a comparative study of surface roughness after dry milling, with the MQL and emulsion of C45 carbon steel and aluminum alloy PA4 at high cutting speeds.

KEYWORDS: surface roughness, dry milling, minimal quantity lubrication, MQL

Ciecze chłodząco-smarujące wywierają istotny wpływ na przebieg procesu skrawania i efekty technologiczne [1, 2, 7, 10]. Poza spełnieniem podstawowych funkcji obróbkowych oddziałują negatywnie na środowisko naturalne oraz stanowisko pracy, stanowią znaczny udział w kosztach wytwarzania kształtowanych przedmiotów [3, 10]. W celu wyeliminowania negatywnych skutków ich stosowania prowadzone są badania zmierzające do ich wyeliminowania lub istotnego ograniczenia. Coraz szersze zastosowanie znajduje frezowanie na sucho lub z minimalnym smarowaniem strefy skrawania (MQL) [4÷6, 8÷10]. Frezowanie na sucho i z udziałem cieczy chłodząco-smarującej było przedmiotem licznych badań [2, 3, 10]. Natomiast badania wpływu MQL na stan warstwy wierzchniej po frezowaniu w warunkach wysokich prędkości skrawania są nieliczne.

Celem prezentowanych badań było określenie wpływu chłodzenia i smarowania strefy skrawania na chropowatość powierzchni po frezowaniu stali konstrukcyjnej C45 i stopu aluminium PA4 w warunkach wysokich prędkości skrawania.

Metodyka badań

Badanie przeprowadzono na pionowym centrum frezarskim DECKEL MAHO model DMC 635 V ECO wyposażonym w urządzenie Minibooster MBII do minimalnego chłodzenia i smarowania olejem LB8000. Próbkę o wymiarach 10 x 10 x 25 mm wykonano ze stali konstrukcyjnej C45 i stopu aluminium PA4. Górną płaszczyznę próbki frezowano przeciwbieżnie na długości 25 mm.

Zastosowano głowicę frezarską firmy Pafana o symbolu R610.21-063 i średnicy 63 mm, wyposażoną w sześć wymiennych płytek skrawających Lamina APKT 1604 PDTR

LT 30. Frezowanie stopu aluminium przeprowadzono płytami Lamina APGT 1604 PDER-ALU LT-05.

W trakcie frezowania stosowano następujące sposoby chłodzenia i smarowania:

- E – emulsja 2% o natężeniu przepływu 6 l/min,
- MQL – minimalne smarowanie mgłą olejową – 50 ml/h,
- S – bez udziału cieczy obróbkowej – na sucho.

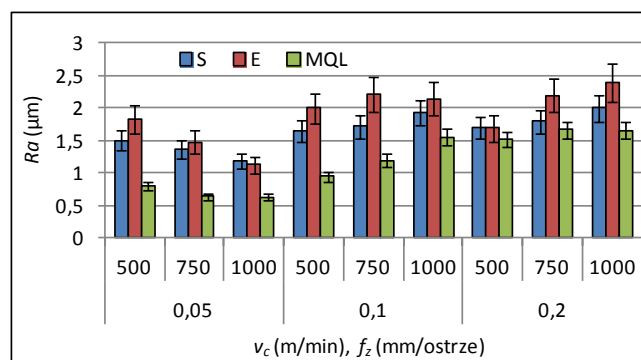
Przyjęto trzy wartości prędkości skrawania v_c i posuwu f_z oraz jedną wartość głębokości skrawania $a_p = 0,5$ mm.

Pomiar parametru R_a chropowatości powierzchni przeprowadzono na profilografometrze Hommel – Tester T2000 z 5-krotną powtarzalnością.

Wyniki badań i ich analiza

■ **Chropowatość powierzchni po frezowaniu stali C45.** Wyniki pomiarów parametru R_a chropowatości powierzchni w funkcji sposobu chłodzenia i smarowania ostrza oraz parametrów skrawania po frezowaniu stali C45 przedstawiono na rys. 1. Zauważyć można istotny wpływ warunków chłodzenia i smarowania na chropowatość warstwy wierzchniej. Najmniejsze wartości w większości stosowanych prędkości skrawania i posuwów osiągnięto po frezowaniu z zastosowaniem minimalnego smarowania ostrza, zwłaszcza po frezowaniu z posuwem 0,05 mm/ostrze. Wyeliminowanie emulsji z procesu frezowania przyczyniło się do zmniejszenia chropowatości w porównaniu z frezowaniem z emulsją. Wyniki pomiarów parametru R_a wykazały korzystny wpływ minimalnego smarowania oraz wyeliminowania emulsji (frezowanie na sucho) na chropowatość powierzchni w porównaniu z frezowaniem z emulsją w całym zakresie stosowanych wartości prędkości skrawania i posuwów.

Wpływ prędkości skrawania i posuwu w warunkach stosowanych sposobów chłodzenia i smarowania strefy skrawania zależał od zastosowanej wartości posuwu. Po

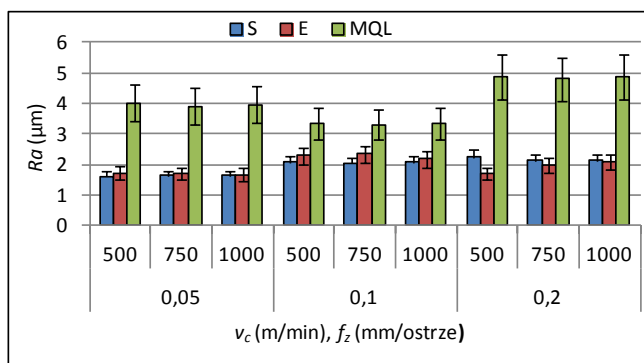


Rys. 1. Wpływ sposobu chłodzenia i smarowania oraz parametrów skrawania na chropowatość powierzchni (stal C45)

* Dr hab. inż. Tadeusz Leppert prof. nadzw. (tleppert@utp.edu.pl), dr hab. inż. Tomasz Paczkowski prof. nadzw. (tompacz@utp.edu.pl), dr inż. Robert Polasik (robpol@utp.edu.pl) – Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy

frezowaniu z posuwem 0,05 mm/ostre wzrost prędkości skrawania z 500 do 1000 m/min powodował zmniejszenie chropowatości powierzchni dla trzech zastosowanych sposobów chłodzenia i smarowania strefy skrawania. Silniejszy wpływ zaobserwowano po frezowaniu z emulsją i na sucho niż z MQL. Ze wzrostem posuwu zwiększenie prędkości skrawania powodowało niewielki wzrost wartości parametru R_a bez względu na sposób chłodzenia i smarowania. Zwiększenie posuwu z 0,05 do 0,1 mm/ostre powodowało istotny wzrost chropowatości powierzchni, zwiększający się ze wzrostem prędkości skrawania. Dalszy wzrost posuwu do 0,2 mm/ostre, w zakresie stosowanych prędkości frezowania, w mniejszym stopniu wpływał na wzrost chropowatości powierzchni w przypadku frezowania na sucho i z emulsją niż w przypadku MQL. Natomiast większy przyrost parametru R_a występował po frezowaniu z MQL z prędkością skrawania 500 i 750 m/min. Przy prędkości frezowania 1000 m/min wzrost posuwu z 0,1 do 0,2 mm/ostre miał nieznaczny wpływ na wzrost chropowatości powierzchni.

■ **Chropowatość powierzchni po frezowaniu stopu aluminium PA4.** Wpływ badanych czynników na chropowatość powierzchni po frezowaniu stopu aluminium PA4 przedstawiono na rys. 2. W całym zakresie stosowanych prędkości skrawania i posuwów największe wartości parametru R_a wystąpiły po frezowaniu z MQL. Obrobiona powierzchnia charakteryzowała się dużą niejednorodnością struktury geometrycznej i licznymi wadami w postaci nieciągłości śladów odwzorowania ostrza, postrzępionych grzbietów nierówności oraz zatarć i plastycznych deformacji.



Rys. 2. Wpływ sposobu chłodzenia i smarowania oraz parametrów skrawania na chropowatość powierzchni (stop aluminium PA4)

Prawdopodobną przyczyną wyraźnie większej chropowatości powierzchni w porównaniu z pozostałymi sposobami ochłodzenia i smarowania były nieodpowiednie właściwości fizykochemiczne zastosowanego oleju Accu Lube LB 8000. Potwierdzenie sformułowanego przypuszczenia wymagałoby przeprowadzenia dodatkowych badań z zastosowaniem innych – pod względem właściwości – cieczy obróbkowych. Jak wykazały wyniki pomiarów, wartości parametru R_a po frezowaniu na sucho oraz z emulsją były zbliżone w większości przypadków stosowanych parametrów frezowania, co pozwala stwierdzić, że w zakresie tych parametrów możliwe oraz ekonomicznie i ekologicznie uzasadnione jest frezowanie stopu aluminium PA4 na sucho, bez istotnego pogorszenia chropowatości powierzchni w porównaniu z frezowaniem z emulsją.

Analiza wartości parametru R_a wykazała nieistotny wpływ prędkości frezowania na chropowatość powierzch-

ni w całym zakresie stosowanych w badaniu posuwów oraz sposobów chłodzenia i smarowania – wskazuje to na brak wyraźnych różnic między frezowaniem na sucho i z emulsją. W tych warunkach frezowania również zmiana wartości posuwu w zakresie od 0,05 do 0,2 mm/ostre nie przyczyniła się do znacznego wzrostu chropowatości powierzchni w całym zakresie stosowanych prędkości skrawania. Natomiast w warunkach frezowania z MQL wystąpił wyraźny wzrost chropowatości powierzchni, co świadczy o utrudnionym oddziaływaniu mgły olejowej wraz ze wzrostem posuwu.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że oddziaływanie sposobu chłodzenia i smarowania podczas walcowo-czołowego frezowania w dużym stopniu zależy od rodzaju materiału obrabianego i technologicznych parametrów frezowania.

W przypadku frezowania stali C45 zastosowanie MQL przyczyniło się do zmniejszenia chropowatości powierzchni w porównaniu z frezowaniem na sucho i z emulsją. Chropowatość powierzchni po frezowaniu na sucho w zakresie stosowanych parametrów frezowania była mniejsza niż po obróbce z emulsją, co wskazuje na możliwości frezowania tej stali na sucho, a w przypadku wymaganej wyższej gładkości powierzchni celowe jest zastosowanie MQL.

Badania wykazały, że wyeliminowanie emulsji z procesu frezowania stopu aluminium PA4 nie spowodowało istotnego zwiększenia chropowatości powierzchni. Natomiast chropowatość powierzchni po frezowaniu w warunkach minimalnego smarowania (MQL) uległa istotnemu pogorszeniu. Jednoznaczne potwierdzenie przydatności techniki MQL do frezowania tego stopu wymaga przeprowadzenia dodatkowych badań.

LITERATURA

- Brinksmeier E., Walter A., Janssen R., Diersen P. "Aspects of cooling lubrication reduction in machining advanced materials". *PI MECH ENG B-J ENG*. Vol. 213, No. 12(1) (1999): pp. 769÷779.
- Klocke F., Eisenblaetter G. "Dry Cutting". *ANNALS CIRP*. Vol. 46, No. 2 (1997): pp. 519÷526.
- Korkut I., Donertas M.A. "The influence of feed rate and cutting speed on the cutting forces, surface roughness and tool-chip contact length during face milling". *MATER DESIGN*. No. 28 (2007): pp. 308÷312.
- Liao Y.S., Lin H.M. "Mechanism of minimum quantity lubrication in high-speed milling of hardened steel". *INT J MACH TOOL MANU*. No. 47 (2007): pp. 1660÷1666.
- Liao Y.S., Lin H.M., Chen Y.C. "Feasibility study of the minimum quantity lubrication in high-speed end milling of NAK80 hardened steel by coated carbide tool". *INT J MACH TOOL MANU*. Vol. 47 (2007): pp. 1667÷1676.
- Lopez D.E., Lacalle L.N., Angulo C., Lamikiz A., Sanchez J.A. "Experimental and numerical investigation of the effect of spray cutting fluids in high speed milling". *J MATER PROCESS TECH*. Vol. 172 (2006): pp. 11÷15.
- Maruda R., Krolczyk G.M. et al. "A study on droplets sizes, their distribution and heat exchange for minimum quantity cooling lubrication (MQCL)". *INT J MACH TOOL MANU*. Vol. 100 (2016): pp. 81÷92.
- Rahman M., Senthil Kumar A., Manzoor-Ul-Salam. "Evaluation of minimal quantities of lubricant in end milling". *INT J OF ADV MANUF TECH*. Vol. 18 (2001): pp. 235÷241.
- Senthil Kumar A., Salam M.U. "Experimental evaluation on the effect of minimal quantities of lubricant in milling". *INT J MACH TOOL MANU*. Vol. 42 (2002): pp. 539÷547.
- Thepsonthi T., Hamdi M., Mitsui K. "Investigation into minimal-cutting-fluid application in high-speed milling of hardened steel using carbide mills". *INT J MACH TOOL MANU*. Vol. 49 (2009): pp. 156÷162.