

# Wpływ materiału płytki narzędziowej na chropowatość frezowanej powierzchni elementu wielkogabarytowego

prof. dr hab. inż. Michał Styp-Rekowski, dr hab. inż. Maciej Matuszewski, Ph.D.eng. Ivan L. Oborski, doc. dr inż. Franciszek Bromberek, mgr inż. Tadeusz Węgrzyniak

W artykule przedstawiono rezultaty wstępnych badań, których celem było sformułowanie wytycznych niezbędnych do opracowania procesu technologicznego obróbki frezowaniem elementów o dużych gabarytach. W prezentowanych badaniach analizowano wpływ stanu ostrza (z powłoką lub bez niej) na zmiany chropowatości (parametr Ra) wzdłuż długości obrabianej powierzchni. Stwierdzono, że do tego aby uzyskać możliwie małe zmiany należy obróbkę realizować w dwóch etapach.

## Wprowadzenie

Proces wytwarzania elementów wielkogabarytowych (EWg) ma swoje cechy charakterystyczne, inne w porównaniu do elementów o mniejszych gabarytach [1]. Jednym z istotnych czynników, które w procesach obróbki EWg mają większe znaczenie niż w odniesieniu do elementów mniejszych, jest konieczność uwzględnienia zmiany stanu narzędzia, a dokładniej – jego ostrza. W wyniku naturalnego procesu zużycia ulega ono stępieniu, co generuje niejednorodność topografii obrabianej powierzchni. W wielu przypadkach jest to zjawisko dyskwalifikujące takie powierzchnie dlatego też w procesie technologicznym EWg należy uwzględnić ten aspekt. W przypadku obróbki elementów o małych gabarytach zachodzące zmiany są na tyle małe, że można ich nie uwzględniać.

Celem opisanych niżej badań było zebranie danych niezbędnych do opracowa-

nia procesu technologicznego obróbki frezowaniem elementów o dużych gabarytach, przede wszystkim w zakresie wyboru narzędzia.

## Narzędzia skrawające

Dążenie do minimalizacji zmian stanu ostrza, a tym samym do zwiększenia trwałości narzędzi jest naturalnym kierunkiem działań wszystkich producentów narzędzi. Newralgicznym w tym zakresie elementem narzędzia, który determinuje tę wielkość jest jego ostrze. Dzięki wspomnianym działaniom, zbiory cech konstrukcyjnych: materiałowych i geometrycznych, z których wykonuje się ostrza aktualnie wytwarzanych narzędzi są bardzo liczne, z ciągłą tendencją wzrostową.

W zakresie cech materiałowych ulepsza się zarówno materiał podstawowy ostrza, jak również stan jego powierzchni.

Do nowoczesnych spiekanych materiałów narzędziowych, o szybko rosnącym

znaczeniu w technologii obróbki skrawaniem, należą cermetale narzędziowe. Ich komponentami oprócz cząstek ceramicznych: węglika tytanu TiC, azotku tytanu TiN i węglikoazotku tytanu Ti(C,N) zapewniających spiekowi twardość są inne dodatki węglików i azotków, często złożonych: (Ti,Ta)N, (Ti,Mo)C, (Ti,W)C, (Ti,Ta,W)C, (Ti,Ta,Mo,W,Nb)(C,N) oraz faza wiążąca składająca się najczęściej z kobaltu i niklu. W porównaniu z węglnikami spiekany, współczesne spiekane cermetale narzędziowe wykazują większą wytrzymałość na zginanie i dużą ciągliwość. Oprócz wymienionych cech pozytywnych cermetale narzędziowe wykazują w tym porównaniu także cechy ujemne, do których należą przede wszystkim: mniejsza odporność na kruche pękanie, mniejsza odporność na odkształcenia cieplne oraz możliwość pęknięć cieplnych podczas przerywanego skrawania [3].

Od dłuższego już czasu płytki ostrza pokrywa się różnymi powłokami. Zali-

czane są one do ceramiki technicznej, przy czym producenci narzędzi rzadko informują szczegółowo jakie są to związki i jaką metodą są nanoszone. Najczęściej są to klasyczne metody PVD, CVD, bądź te metody lecz wspomagane).

Mikrotwardość powłok CVD i PVD na różnych podłożach przekracza zwykle 2000 HV, osiągając często 3500 HV. Siła krytyczna ustalona w próbie zarysowania (*scratch test*) wskazuje na bardzo dobrą przyczepność powłok do podłoża, zarówno PVD jak i CVD. Zależy ona od rodzaju powłoki i rodzaju podłoża, o czym decyduje dyfuzyjny charakter połączenia. W porównaniu do materiałów podłoża trwałość narzędzi skrawających z niemal wszystkich spiekanych materiałów narzędziowych, w tym węglików spiekanych i cermetali, pokrywanych różnymi twardymi warstwami powierzchniowymi jest nawet wielokrotnie większa. Jednocześnie obserwuje się zmniejszenie zużycia ostrzy skrawających w porównaniu z narzędziami niepokrytymi, w wyniku poprawy warunków kontaktu tribologicznego w strefie styku narzędzie-obrabiany przedmiot oraz ochrony ostrza narzędzia przed utlenianiem i przegrzaniem. Wymienione zjawiska mają bezpośredni wpływ na zmniejszenie zużycia energii w procesach obróbki skrawaniem [2].

Ponadto, dzięki wykorzystywaniu narzędzi pokrywanych w procesach PVD i CVD, możliwe jest stosowanie obróbki skrawaniem bez cieczy obróbkowych [2, 5].

Optymalizuje się także geometryczne cechy konstrukcyjne ostrzy uzyskując w ten sposób m.in. zmniejszenie wartości sił skrawania [4, 9].

Łącznie, obydwa wymienione kierunki działań przyczyniają się do poprawy, zarówno w zakresie topografii obrabianej powierzchni, jak również trwałości ostrza, a dzięki zmniejszeniu wartości sił skrawania – także energochłonności procesu obróbki skrawaniem.

**Obiekt badań**

Obiektem badanym był stalowy korpus obrabiarkowy – rys. 1. Obrabiano dwie powierzchnie prowadnic obrabiarkowych, przy czym długość powierzchni

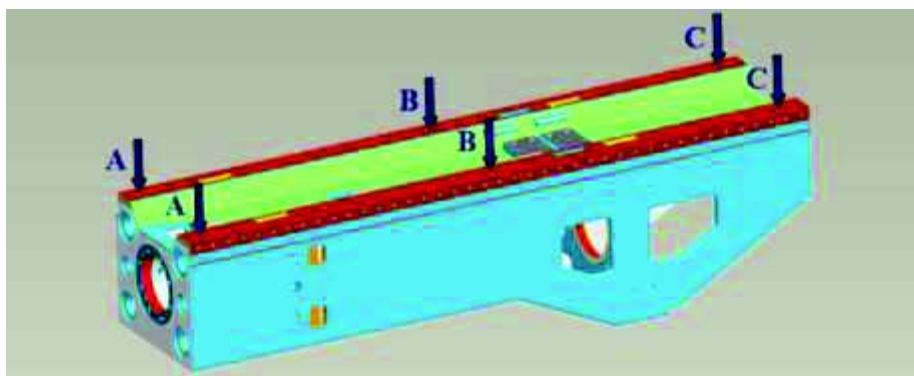
frezowanej jednym przejściem wynosiła 2800 mm, a jej szerokość – 115 mm.

Ze względu na funkcje jakie spełniają obrabiane powierzchnie, istotne jest aby topografia całej powierzchni była jednakowa, tzn. nie zmieniała się w funkcji długości.

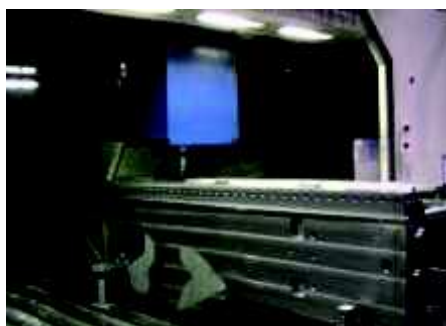
**Warunki i zakres badań**

Przeprowadzono analizę wpływu dwóch odmian płytek skrawających na wartość parametru chropowatości *Ra* dla

elementu wielkogabarytowego (stalowego). Przyjęto dwa rodzaje płytek skrawających wykonanych z cermetalu: z powłoką z materiału trudnościeralnego i bez powłoki. Przeznaczone są one do bardzo dokładnej obróbki wykończeniowej bez użycia cieczy chłodząco-smarującej. Obróbkę przeprowadzono na obrabiarce MIKROMAT 20V. Pomiaru parametru *Ra* dokonano w trzech punktach (A, B, C), rozmieszczonych na obydwóch obrabianych powierzchniach w odległości 100 mm od ich końców i w środku długości –



Rys. 1. Przedmiot obrabiany ze wskazanymi punktami pomiarowymi



Rys. 2. Widok strefy obróbki z usytuowanym w niej obrabianym korpusem



Rys. 3. Narzędzie – głowica frezowa, z zamocowaną w niej płytką

rys. 1. Droga jaką pokonywało narzędzie wynosiła więc prawie 3000 mm.

Na rysunku 2 przedstawiono widok strefy obróbki obrabiarki MIKROMAT 20V wraz z zamocowanym w niej obrabianym przedmiotem wielkogabarytowym – korpusem obrabiarki. Do obróbki użyto głowicy frezowej o średnicy 125 mm, potencjalnie sześćoostrowej z tym, że wyposażono ją tylko w jedną płytkę skrawającą – rys. 3. Na podstawie wcześniejszych badań stwierdzono bowiem, że dla jednego ostrza otrzymuje się najmniejsze wartości chropowatości [6].

Parametry realizowanej obróbki wybrano, przyjmując jako kryterium wyboru – rodzaj obróbki. Pierwszy zbiór odpowiada obróbce zgrubnej, a trzeci – obróbce wykończeniowej. Drugi przyjęty zbiór zawiera pośrednie wartości parametrów.

Wariant obróbki bez cieczy chłodząco-smarującej wybrano ze względu na ekologiczne i ekonomiczne walory takiej obróbki [5, 7, 8].

## Wyniki badań

W analizie wpływu rodzaju ostrza narzędzia na topografię obrabianej frezowaniem powierzchni, jako miarę zmian przyjęto wartość parametru chropowatości  $R_a$ . Jest to najczęściej stosowany parametr chropowatości używany do oznaczania stanu obrabianych powierzchni.

Rezultaty badań przedstawiono w formie graficznej na rys. 4, 5 i 6, przy czym poszczególne wykresy na rysunkach dotyczą różnych wariantów zbioru parametrów frezowania. Wymieniono je w podpisach pod rysunkami.

Przy wymienionych na rysunku parametrach obróbki zarejestrowano duże zmiany monitorowanego parametru.

Charakter zmian przypomina proces zużywania: najpierw faza docierania, podczas której wartość parametru maleje, następnie okres niewielkich zmian, aby w trzeciej fazie zacząć dosyć szybko rosnąć. Gradient zmian jest większy dla obróbki ostrzem bez powłoki (linia granatowa). Porównując stan powierzchni obrobionej dwoma rodzajami płytek, na końcu prowadnicy stwierdzono większą wartość parametru  $R_a$  dla powierzchni obrabianej płytką nie powlekaną.

Odmienne obrazy zmian zarejestrowano podczas frezowania przy innym zbiorze parametrów obróbki – rys. 5.

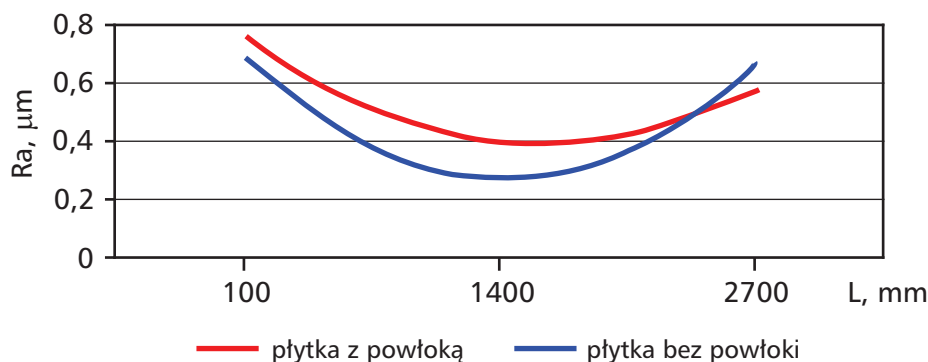
Chropowatość powierzchni obrabianej ostrzem bez powłoki praktycznie w całym badanym zakresie zwiększa się, przy czym początkowo wolniej, a mniej więcej od połowy długości zmiany intensyfikują się. Inaczej przebiegają zmiany podczas obróbki ostrzem powlekanym. Wartość parametru  $R_a$  początkowo zwiększa się, lecz nieznacznie, a następnie maleje. W rezultacie na końcu obrabianego odcinka chropowatość uzyskana obróbką ostrzem bez powłoki jest wyraźnie większa niż ostrzem powlekanym.

Obróbka z parametrami kwalifikującymi ją do obróbki wykończeniowej daje jeszcze inny obraz zmian – rys. 6.

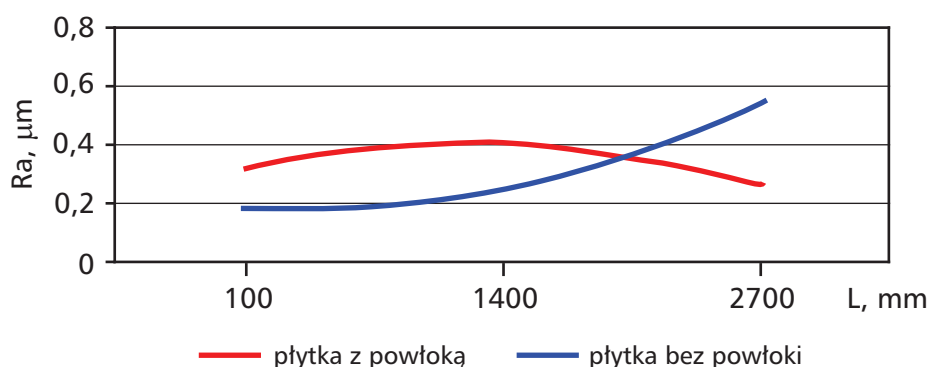
W wyniku obróbki dwoma rodzajami płytek, w obydwóch analizowanych przypadkach uzyskano bardzo zbliżoną chropowatość na całej długości obrabianej powierzchni. Maksymalna różnica między rezultatami obróbki ostrzami z powłoką lub bez niej wynosi 0,03 mikrometra – większa wartość dla ostrza bez powłoki. Dla ostrza bez powłoki w połowie długości można zauważyć ekstremum (maksimum) uzyskanych wartości parametru  $R_a$ .

## Podsumowanie

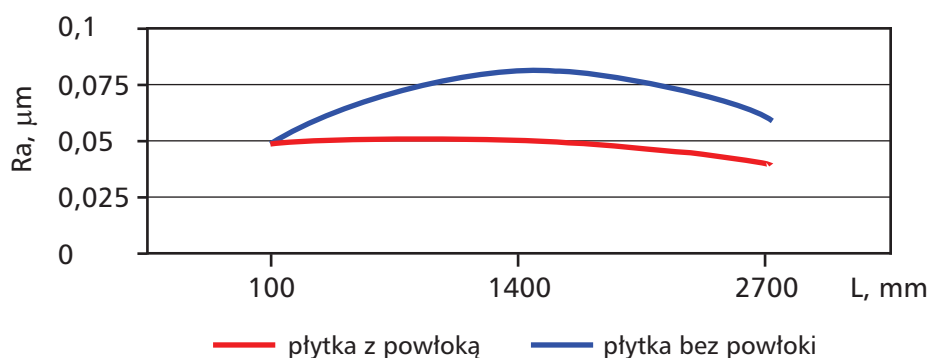
Na podstawie zrealizowanych badań stwierdzono, że w wyniku frezowania uzyskuje się zmienną na długości chropowatość (parametr  $R_a$ ) obrobionej powierzchni. Różnice te zależą od tego czy obróbka realizowana była ostrzami pokrytymi trudnościeralną warstwą ceramiki czy bez powłoki. Charakter



Rys. 4. Zmiana wartości parametru  $R_a$  w funkcji drogi narzędzia podczas frezowania z parametrami:  $n = 320$  obr/min,  $f_z = 400$  mm/min,  $a_p = 2$  mm



Rys. 5. Zależność parametru chropowatości  $R_a$  od drogi przebytej przez narzędzie podczas frezowania z parametrami:  $n = 510$  obr/min,  $f_z = 700$  mm/min,  $a_p = 0,4$  mm



Rys. 6. Parametr chropowatości  $R_a$  w funkcji drogi przebytej przez narzędzie dla parametrów obróbki:  $n = 850$  obr/min,  $f_z = 2000$  mm/min,  $a_p = 0,025$  mm

i intensywność zmian były zróżnicowane w zależności od parametrów obróbki, przy czym w większości przypadków w połowie drogi narzędzia obserwowano występowanie ekstremum. Najmniejsze zmiany zaobserwowano dla obróbki z parametrami charakterystycznymi dla obróbki wykończeniowej (mała głębokość skrawania  $a_p$ ).

Obraz zaobserwowanych zmian sugeruje konieczność frezowania długich powierzchni w dwóch etapach: pierwszy to obróbka wymiarowa, a drugi – obróbka gładkościowa. Uzyskana w ten sposób chropowatość będzie jednakowa na całej obrabianej długości. Korzystne jest użycie w tym celu ostrzy z powłoką z materiału trudnościeralnego. Otrzymuje się w ten sposób powierzchnię o strukturze jednorodnej, a jej chropowatość (wartość parametru  $R_a$ ) jest najmniejsza.

Badania opisane w artykule realizowane były w ramach projektu finansowanego przez Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości, w którym poza Autorami

tego artykułu uczestniczyli inni wykonawcy. W tym miejscu składamy im podziękowanie za ich włożony trud.

**Literatura**

[1] Bromberek F., Matuszewski M., Oborski I.L., Styp-Rekowski M.: Technologiczne aspekty obróbki elementów o dużych wymiarach. *Obróbka Metalu* nr 4/2014, s. 10-13.

[2] Dobrzański L.A., Dobrzańska-Daniewicz A.D.: *Obróbka powierzchni materiałów inżynierskich*. Open Access Library, Volume 5, 2011.

[3] Dobrzański L.A., Matuła G.: *Podstawy metalurgii proszków i materiały spiekane*. Open Access Library, vol. 8 (14) 2012.

[4] Katalogi producentów narzędzi: Eroglu, Guhring, LMT, SANDVIK Coromant, Wiertła BAILDON.

[5] Oczko K.E.: *Doskonalenie strategii chłodzenia i smarowania w pro-*

cesach obróbkowych. *Mechanik*, nr 10/2004.

[6] Styp-Rekowski M., Bromberek F., Matuszewski M., Oborski I.L., Węgrzyński T., Polasik R.: Wpływ liczby ostrzy głowicy frezarskiej na wybrane parametry struktury geometrycznej powierzchni. *Obróbka Metalu* nr 1/2016.

[7] Weinert K. i in.: Dry machining and minimum quantity lubrication. *Annals of the CIRP*, No. 2/2004.

[8] Zawada-Tomkiewicz A., Storch B.: Analiza obrazu powierzchni obrobionej w obróbce na sucho ostrzami o modyfikowanej geometrii. *Materiały II Szkoły Obróbki Skrawaniem „Obróbka Skrawaniem – Innowacje”*. Wyd. IZTW, Kraków 2008.

[9] Żurawski Ł., Storch B.: Powierzchnia po frezowaniu na sucho ostrzami do obróbki gładkościowej. *Materiały II Szkoły Obróbki Skrawaniem „Obróbka Skrawaniem – Innowacje”*. Wyd. IZTW, Kraków 2008. ■

reklama