

Wpływ głębokości skrawania na czas maszynowy frezowania kieszeni kwadratowej

Influence of cutting depth on machining time of square pocket milling

LESZEK SKOCZYLAS
KRYSTYNA SKOCZYLAS*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.298

Przedstawiono wyniki obliczeń czasów maszynowych frezowania głębokiej kieszeni kwadratowej. Obliczenia przeprowadzono w środowisku CAM dla różnych wariantów głębokości skrawania i średnicy frezów. Założono stałą końcową wartość promienia naroży kieszeni.

SŁOWA KLUCZOWE: czas maszynowy, parametry obróbki, frezowanie

The paper presents the results of machining time calculations of milling of deep square pocket. Calculations were performed in the CAM environment for different variants of cutting depth and diameter of tools. The calculations assumed a constant final value of the radius of the corners pocket.

KEYWORDS: machining time, cutting parameters, milling

Właściwy dobór narzędzi oraz parametrów obróbki ma istotne znaczenie w procesie skrawania. Wpływa na jakość wykonania obróbki, jej czas oraz koszt. Podejmowane są działania mające na celu jej usprawnienie. Występują tendencje do obróbki z dużymi prędkościami skrawania, dużymi posuwami czy też głębokościami skrawania [1, 3, 5]. Pozwalają na to właściwości współczesnych materiałów narzędziowych oraz możliwości obrabiarek. Z maksymalną wydajnością wiąże się jednak szereg ograniczeń, stąd w literaturze prezentowane są badania nad zminimalizowaniem negatywnych zjawisk występujących w tego typu obróbce. Chodzi przede wszystkim o poprawny przebieg obróbki, uzyskanie określonej chropowatości powierzchni i wydajności [2, 6, 8, 10]. Szereg prac odnosi się również do minimalizacji czasu i kosztów obróbki [3, 4, 7]. Powszechnie obowiązuje zasada, że obróbkę zgrubną powinno się prowadzić maksymalnie dużym narzędziem, z dużymi parametrami skrawania, co bezpośrednio wpływa na wydajność i czas obróbki. Również w oprogramowaniu CAM występują dedykowane strategie obróbki służące poprawie wydajności oraz optymalizacji parametrów obróbki [9].

Biorąc pod uwagę obrabianą geometrię, można zauważyć, że nie tylko wielkość i geometria narzędzia, trajektoria jego ruchu oraz maksymalna moc podnoszą wydajność. Również odpowiedni dobór osiowej i promieniowej głębokości skrawania narzędzia w stosunku do obrabianej geometrii ma istotny wpływ na czas procesu. Przykładem może być obróbka kieszeni, przy której zachodzi konieczność usunięcia resztek materiału z naroży odpowiednio małym narzędziem. W takich przypadkach właściwy dobór średnicy narzędzi i parametrów obróbki ma istotny wpływ na czas realizacji zadania.

Przedmiot i przebieg badań

Wpływ doboru wielkości geometrycznych w postaci wymiarów narzędzia oraz osiowej i promieniowej głębokości

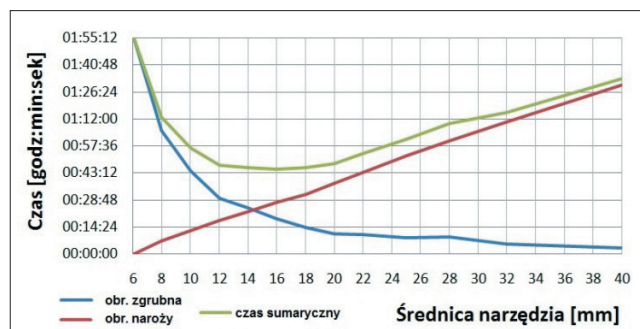
skrawania na czas obróbki opisano na przykładzie frezowania sześciennego wybrania o wymiarach $60 \times 60 \times 60$ mm z promieniem zaokrąglenia naroża wynoszącym 3 mm. Obliczenia przeprowadzono w środowisku CAM – HyperMill. Założono, że obróbka będzie prowadzona za pomocą długich frezów HSS (DIN1825) firmy Franken o średnicach: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32 i 40 mm. Część robocza każdego z frezów umożliwia przeprowadzenie obróbki całkowitej głębokości wybrania. Ponieważ obliczenia prowadzone są z perspektywy wpływu wielkości geometrycznych na czas obróbki, w każdym przypadku założono stałą prędkość skrawania wynoszącą 30 m/min, co odpowiada obróbce zwykłej stali węglowej. Również zgodnie z zaleceniami producenta narzędzi przyjęto w każdym przypadku posuw na ostrze wynoszący 0,003 średnicy narzędzia. Prędkość posuwu obliczona na podstawie podanych wartości dla 4-ostrzowych narzędzi wynosi więc 115 mm/min.

Obliczenia czasu obróbki kieszeni przeprowadzono dla każdej średnicy narzędzia. Dodatkowo obliczono czas obróbki resztek materiału w narożach narzędziem o średnicy 6 mm w celu uzyskania założonego promienia zaokrąglenia. Wykonanie kieszeni obejmowało więc, prócz narzędzia o średnicy 6 mm, obróbkę zgrubną kieszeni oraz obróbkę resztek (naroży). Aby wskazać wpływ zagłębienia frezu w materiale na czas obróbki, przeprowadzono obliczenia dla różnych wariantów osiowej i promieniowej głębokości skrawania. W każdym przypadku założono jednakową wartość przekroju usuwanej warstwy materiału określonego iloczynem osiowego i promieniowego zagłębienia narzędzia.

Wyniki obliczeń

W pierwszej kolejności obliczenia przeprowadzono dla obróbki całą szerokością narzędzia i jego osiowego zagłębienia (a_p) odpowiadającego połowie średnicy (d). Wyniki obliczeń przedstawiono na rys. 1.

Jak wynika z obliczeń, wzrost średnicy narzędzia znacząco sprzyja skróceniu czasu usunięcia materiału ze środka kieszeni. Dla narzędzia o średnicy 6 mm czas ten wynosi prawie 2 h, podczas gdy dla narzędzia o średnicy

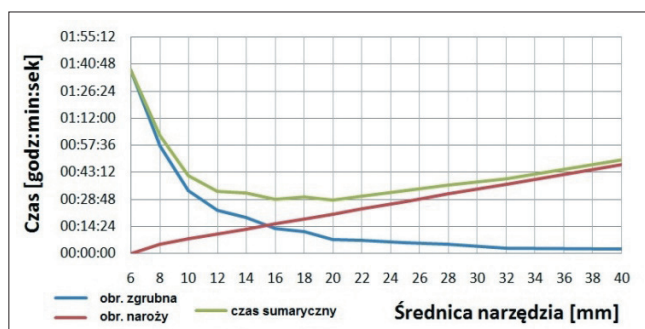


Rys. 1. Czas maszynowy dla $a_e = d$, $a_p = 0,5d$

* Dr hab. inż. Leszek Skoczyłas (lskmiop@prz.edu.pl), dr Krystyna Skoczyłas (kszfb@prz.edu.pl) – Politechnika Rzeszowska

40 mm czas ten zmniejsza się do 3 min. Wzrost średnicy narzędzia zwiększa jednakże pozostałości materiału w narożach, a przez to i czas obróbki narzędziem o małej średnicy. Tak więc sumaryczny czas pracy obu narzędzi jest krzywą z określonym minimum, które odpowiada obróbce dużym narzędziem o średnicy 16 mm, łącznie wynosi 45 min i 15 s. Jest to znacząca różnica w porównaniu z obróbką tylko jednym małym narzędziem (6 mm), jak i ze złożeniem dwu skrajnych wielkości narzędzi.

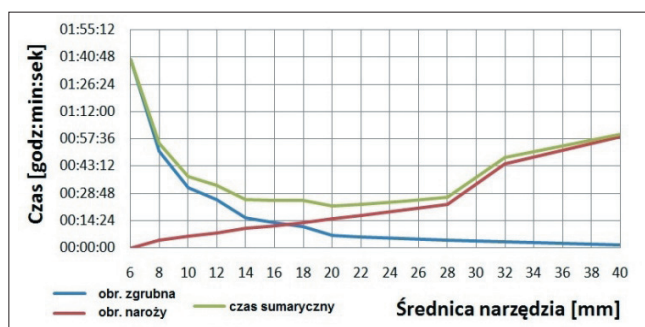
Kolejny rozważany przypadek to obróbka przy promieniowym zagłębieniu narzędzia (a_e) wynoszącym połowę jego średnicy i osiowym zagłębieniu (a_p) odpowiadającym średnicy narzędzia. Wyniki obliczeń przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Czas maszynowy dla $a_e = 0,5d$, $a_p = d$

Jak wynika z rys. 2, czas maszynowy obróbki w każdym przypadku uległ skróceniu. Czas obróbki najmniejszym narzędziem zmniejszył się do 1 h i 40 min, a czas maszynowy dla największego narzędzia – do 2 min, jednak pozostałości w narożach wydłużają łączny czas obróbki. Minimalny czas wykonania kieszeni w tym przypadku odpowiada średnicy narzędzia wynoszącej 20 mm, wynosi 28 min i 30 s.

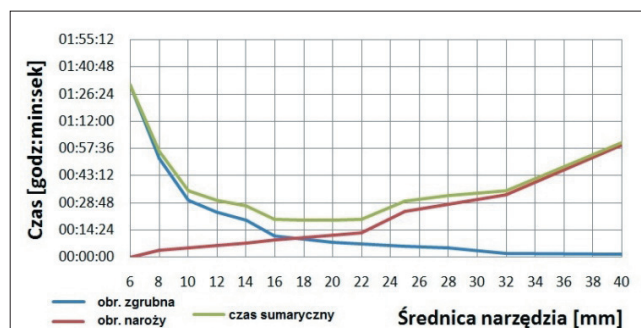
Dalsze obliczenia to wzrost osiowego zagłębienia narzędzia do 1,5 wartości średnicy i zmniejszenie promieniowego zagłębienia do 0,33 wartości średnicy. Wyniki obliczeń przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Czas maszynowy dla $a_e = 0,33d$, $a_p = 1,5d$

Zwiększenie osiowej głębokości i zmniejszenie promieniowej głębokości skrawania powodują różne zmiany czasów obróbki w porównaniu z poprzednim przypadkiem. Dla najmniejszego narzędzia czas ten pozostaje praktycznie niezmienny, a łączny czas obróbki zgrubnej i naroży kieszeni dla największego narzędzia wzrasta. Wynika to z konieczności poprowadzenia kolejnych ścieżek dla obróbki resztek w narożach, co pokazuje widoczny uskoki na rys. 3 powyżej średnicy narzędzia wynoszącej 28 mm. Minimalny łączny czas obróbki jest jednak mniejszy niż w poprzednim przypadku – wynosi 21 min i 58 s, co odpowiada średnicy narzędzia wynoszącej 20 mm.

Ostatni rozważany przypadek to osiowe zagłębienie odpowiadające podwójnej średnicy oraz promieniowe – jego ćwiartce. Wynik obliczeń pokazano na rys. 4.



Rys. 4. Czas maszynowy dla $a_e = 0,25d$, $a_p = 2d$

Przypadek ten jest zbliżony do przedstawionego na rys. 3. Rozbieżności czasowe nie są już tak duże, wcześniej jednak występuje wydłużenie czasu obróbki naroży z tytułu dodatkowych ścieżek narzędzia. Minimalny łączny czas obróbki jest dla tego przypadku najkrótszy – wynosi 19 min i 31 s dla narzędzia o średnicy 20 mm.

Na podstawie porównania obliczonych czasów obróbki dla poszczególnych zagłębień narzędzia można stwierdzić, że dla analizowanej geometrii czas obróbki można jeszcze skrócić do 18 min i 10 s. Odpowiada to obróbce dużym narzędziem o średnicy 20 mm i jego zagłębieniu $a_e = 0,33d$ oraz $a_p = 1,5d$, a następnie obróbce małym narzędziem (6 mm) dla zagłębienia $a_e = 0,25d$ oraz $a_p = 2d$.

Podsumowanie

Przedstawiony przykład pokazuje korzyści wynikające z odpowiedniego doboru wielkości narzędzia do obrabianej geometrii oraz właściwego podziału usuwanej warstwy materiału. Wpływa to na skrócenie czasu obróbki, a przez to i kosztów wytwarzania wynikających z użytkowania obrabiarki. Uzyskane wyniki wpisują się w aktualną tendencję do prowadzenia obróbki zgrubnej przy dużym osiowym zagłębieniu frezu. Podobna sytuacja będzie występowała również w innych, odmiennych przypadkach obróbkowych, co potwierdza potrzebę optymalizacji procesu obróbki z perspektywy geometrycznej.

LITERATURA

- Gawlik J., Zębala W., Matras A. „Technologiczne i tribologiczne aspekty obróbki precyzyjnej”. *Tribologia*. Nr 4 (2011): s. 79-95.
- Hayajneh M., Tahat M., Bluhm J. „A Study of the Effects of Machining Parameters on the Surface Roughness in the End-Milling Process”. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*. Vol. 1, No. 1 (2007): pp. 1-5.
- Hbaieb M., Othmani R., Bouzid W. „Time modeling in high-speed machining of mold pocket”. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. No. 53 (2011): pp.113-120.
- Hietikko E. „Estimation of manufacturing cost in the early stages of product development project”. *International Journal of Modern Engineering Research*. Vol. 2, No. 6 (2012): pp. 4673-4676.
- Hon K., Baharudin B. „The Impact of High Speed Machining on Computing and Automation”. *International Journal of Automation and Computing*. No. 1 (2006): pp. 63-68.
- Kossakowska J., Jemielniak K. „Wybrane zagadnienia technologii obróbki skrawaniem materiałów lotniczych”. *Mechanik*. Nr 12 (2015): s. 29-33.
- Liu C., Li Y., Wang W., Shen W. „A feature-based method for NC machining time estimation”. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. No. 29 (2013): pp. 8-14.
- Prasad K. „Influence of Cutting Parameters on Turning Process Using Anova Analysis”. *Research Journal of Engineering Sciences*. Vol. 2(9), No. 1-6 (2013): pp. 1-6.
- Siemens. „Rozwiązania optymalizujące pracę technologa w środowisku NX CAM”. *Mechanik*. Nr 4 (2011).
- Zębala W. „Minimalizacja błędów obróbki przedmiotów cienkościennych”. *Inżynieria Maszyn*. R15, z. 3 (2010): s. 45-54.