

Optymalizacja posuwu w procesie toczenia elementów turbiny ze stopu PWA INCONEL 718

Feed optimization in the process of turbine element turning made of alloy PWA INCONEL 718

WOJCIECH ZĘBALA
ANDRZEJ MATRAS
GRZEGORZ STRUZIKIEWICZ *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.404

Artykuł przedstawia optymalizację posuwu w ramach badań modelowych procesu toczenia wybranych powierzchni elementów turbiny wykonanej ze stopu PWA INCONEL 718, otrzymanego metodą spiekania proszków. Obliczenia numeryczne przeprowadzono w oprogramowaniu MES dla wytypowanego narzędzia skrawającego. Celem badań symulacyjnych była optymalizacja kodu NC pod kątem skrócenia czasu obróbki (zwiększenia wydajności) oraz stabilizacji wartości składowej obwodowej całkowitej siły skrawania F_c .

SŁOWA KLUCZOWE: modelowanie, toczenie, INCONEL 718

The paper presents the feed optimization in the modeling research of turning process of the selected turbine components surfaces, made of PWA INCONEL 718 alloy, obtained by the sintered powders method. Numerical calculations for the selected cutting tool were performed using the FEM software. The aim of the simulation study was the NC code optimization for the cutting time reduction (increase the machining efficiency) and cutting force component F_c value stabilization.

KEYWORDS: modeling, turning, INCONEL 718

Współczesny przemysł, zwłaszcza lotniczy i samochodowy, stawia coraz wyższe wymagania jakościowe wytwarzanym przedmiotom oraz wymusza skracanie czasu obróbki i obniżanie kosztowności procesu technologicznego [1, 2]. Z uwagi na częste stosowanie w tych sektorach gospodarki materiałów trudnoskrawalnych, takich jak stopy niklu, konieczne jest wykorzystywanie do optymalizacji procesów obróbkowych modelowania i symulacji komputerowej [3÷6].

Stosowane metody optymalizacji procesu skrawania polegają głównie na wykorzystaniu oprogramowania komputerowego bazującego na metodzie elementów skończonych. Poprzez kontrolę wartości składowych całkowitej siły skrawania, naprężeń lub temperatury w strefie tworzenia wióra możliwa jest zmiana parametrów skrawania prowadzona w celu poprawy procesu obróbkowego [5]. Przykładową aplikacją stosowaną do optymalizacji procesu obróbki jest pakiet oprogramowania Production Module firmy ThirdWaveSystem [7].

Obszar badań

W celu wykonania symulacji obróbki zdefiniowano obrabiarkę (centrum obróbkowe OKUMA VTM65 z układem sterowania OSP300) oraz narzędzie skrawające, wyposażone w płytkę skrawającą z CBN. Proces skrawania prowadzony był ze stałą prędkością skrawania v_c wynoszącą 168 m/min,

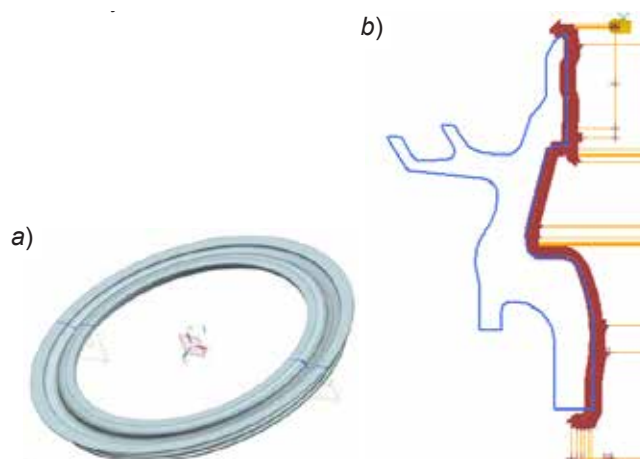
a zastosowane prędkości posuwu f mieściły się w przedziale $0,0254 \div 0,0762$ mm/obr. Podczas obróbki przedmiotu wykonywane były przejścia zgrubne i wykończeniowe. Na rys. 1 pokazano sposób definicji narzędzia skrawającego.



Rys. 1. Sposób definicji narzędzia skrawającego

Półfabrykat w postaci pierścienia zakończony kołnierzem, wykonany ze stopu PWA INCONEL 718 metodą spiekania proszków, zdefiniowano w formacie STL oraz zorientowano w układzie współrzędnych zgodnie z mocowaniem przedmiotu na obrabiarce CNC.

Zarys geometryczny przedmiotu obrabianego oraz schemat ścieżki narzędzia dla analizowanej operacji tokarskiej pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Zarys geometryczny przedmiotu obrabianego (a) oraz schemat ścieżki narzędzia (b)

Numeryczne obliczenia optymalizacyjne procesu skrawania metodą elementów skończonych przeprowadzono w programie Production Module [7]. Model materiałowy zbudowano w oparciu o symulację 3D obróbki w programie AdvantEdge [8] dla stałej głębokości skrawania $a_p = 1$ mm.

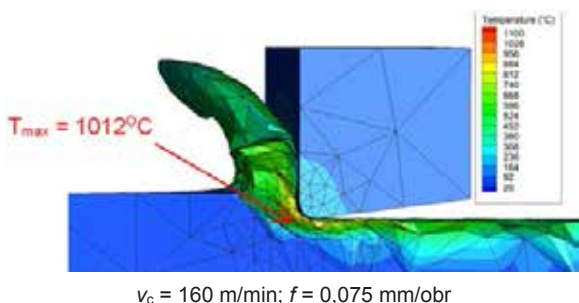
* Prof. dr hab. inż. Wojciech Zębala (zebala@mech.pk.edu.pl), dr inż. Andrzej Matras (amatras@mech.pk.edu.pl), dr inż. Grzegorz Struzikiewicz (struzikiewicz@mech.pk.edu.pl) – Politechnika Krakowska

Pozostałe parametry skrawania z obliczonymi wartościami składowej siły skrawania F_c przedstawiono w tablicy.

TABLICA. Parametry skrawania, wartości składowej obwodowej siły skrawania oraz temperatury dla poszczególnych prób obliczeniowych

v_c , m/min	f , mm/obr	F_c , N	T , °C
160	0,0254	176	865
180	0,0254	187	899
200	0,0254	184	926
160	0,075	431	1012
180	0,075	436	950
200	0,075	429	933
160	0,1	526	1008
180	0,1	530	1011
200	0,1	520	1007

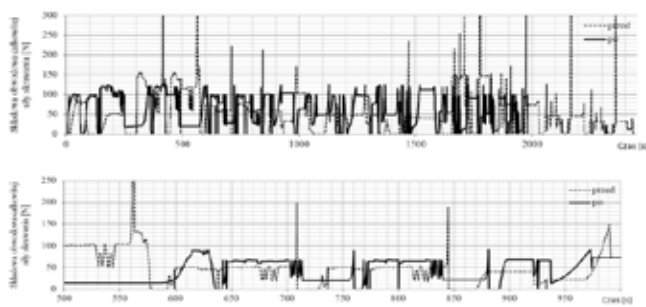
Rysunek 3 przedstawia przykładowy rozkład pola temperatury w narzędziu i przedmiocie obrabianym podczas symulacji procesu skrawania dla prędkości skrawania $v_c = 160$ m/min oraz dla posuwu $f = 0,075$ mm/obr.



Rys. 3. Przykładowe pola temperatury w strefie skrawania

Na kolejnym etapie badań obliczono zmiany w czasie wartości składowej obwodowej siły skrawania oraz wydajności objętościowej procesu obróbki. Następnie przeprowadzono optymalizację prędkości posuwu w celu ustabilizowania przebiegów wartości składowej siły skrawania wzdłuż całej ścieżki narzędzia. Jednocześnie ograniczono maksymalne wartości prędkości posuwu tak, aby nie spowodować nadmiernego pogorszenia chropowatości obrabianych powierzchni. Jako kryterium optymalizacyjne wybrano czas obróbki. Warunek brzegowy procesu optymalizacji zdefiniowano jako wartości minimalne i maksymalne składowej obwodowej siły skrawania mieszczące się w zakresie 98-140 N. Zostały one przyjęte w oparciu o obliczoną wartość średnią z przebiegu składowej siły skrawania F_c .

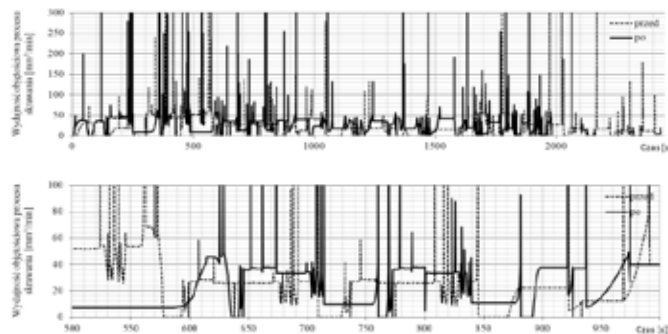
Na rys. 4 przedstawiono zmiany wartości składowej obwodowej siły skrawania F_c , zachodzące w czasie skrawania wzdłuż całej ścieżki narzędzia dla optymalizowanego i nieoptymalizowanego procesu obróbki.



Rys. 4. Przebieg wartości składowej obwodowej siły skrawania F_c w czasie toczenia powierzchni czołowej

W wyniku przeprowadzonej optymalizacji uzyskano zmniejszenie wartości maksymalnej składowej obwodowej siły skrawania F_c z 653 N do 140 N oraz skrócenie czasu skrawania o ok. 452 s. Ustabilizowano także przebiegi w czasie wartości składowej obwodowej siły skrawania F_c . Osiągnięto to poprzez zwiększenie prędkości posuwu w miejscach gdzie obliczone wartości składowej F_c były zbyt niskie, oraz zmniejszenie posuwu w miejscach, gdzie przekraczały dopuszczalne wartości maksymalne.

Na rys. 5 przedstawiono zmiany wydajności objętościowej procesu skrawania.



Rys. 5. Zmiany wartości wydajności objętościowej procesu skrawania w czasie toczenia powierzchni czołowej

Wnioski

W wyniku przeprowadzonej optymalizacji zmniejszono wartość maksymalną oraz uzyskano stabilizację przebiegów wartości składowej obwodowej siły skrawania F_c dla analizowanej operacji tokarskiej. Czas obróbki dla procesu optymalizowanego uległ skróceniu o 452 s.

Badania przeprowadzono w ramach programu INNO-LOT, umowa numer INNOLOT/II/7/NCBR/2013 „Zaawansowane techniki wytwarzania zespołu turbiny napędowej”, współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

LITERATURA

- Huang P., Lee W.B., Chan C.Y. "Investigation of the effects of spindle unbalance induced error motion on machining accuracy in ultra-precision diamond turning". *International Journal of Machine Tools and Manufacturing*. Vol. 94 (2015): pp. 48-56.
- Ramesha S., Karunamoorthy L., Palanikumar K. "Measurement and analysis of surface roughness in turning of aerospace titanium alloy (gr5)". *Measurement*. Vol. 45/5 (2012): pp. 1266-1276.
- Camposeco-Negrete C. "Optimization of cutting parameters using Response Surface Method for minimizing energy consumption and maximizing cutting quality in turning of AISI 6061 T6 aluminum". *Journal of Cleaner Production*. Vol. 91 (2015): pp.109-117.
- Laxman Abhang L., Hameedullah M. "Simultaneous optimization of multiple quality characteristics in turning EN-31 Steel". *Materials Today: Proceedings*. Vol. 2, Iss. 4-5 (2015): pp. 2640-2647.
- Li Z.Z., Zhang Z.H., Zheng. "Feedrate optimization for variant milling process based on cutting force prediction". *Int J Adv Manuf Technol*. Vol 24 (2004): pp. 541-552.
- Zębala W. "Milling optimization of difficult to machine alloys". *Management and Production Engineering Review*. Vol. 1/1 (2010): pp. 59-70.
- "User's Manual of Production Module v7.2 machining simulation software" (2016).
- "User's Manual of AdvantEdge v7.2 machining simulation software" (2016).