

Analiza kształtowania powierzchni śrubowych w procesie szlifowania ściernicami krążkowymi z wykorzystaniem systemów CAD/CAE

Analysis of shaping of the screw surface in the process of grinding by the grinding wheels using CAD/CAE

WOJCIECH KACALAK
ZBIGNIEW BUDNIAK
FILIP SZAFRANIEC *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.365

W artykule przedstawiono metodykę analizy i modelowania układów technologicznych i procesu szlifowania powierzchni śrubowych stożkopochodnych z wykorzystaniem systemów CAD/CAE. Opracowana metodyka pozwala na przeprowadzenie analiz dokładności procesu szlifowania powierzchni śrubowych z uwzględnieniem odchyłek położenia i kształtu elementów układu, bicia wrzeciona przedmiotu i ściernicy oraz cech geometrycznych narzędzia.

SŁOWA KLUCZOWE: szlifowanie powierzchni śrubowej, przestrzenne łańcuchy wymiarowe, CAD/CAE, modelowanie, zarys osiowy ślimaka

The article presents a methodology for analysis and modeling of technological systems and the process grinding of the screw surface using CAD / CAE. The developed methodology allows to carry out analysis of the accuracy of the process of the screw surface grinding including the displacement and shape of the elements, beating the spindle object, grinding wheel and geometrical features of the tools.

KEYWORDS: surface screw grinding, spatial dimension chains, CAD/CAE, modeling, profile axial worm

Rozwiązywanie problemów dokładności szlifowania powierzchni śrubowych oraz modelowania procesu obróbki z wykorzystaniem systemów CAD było przedmiotem wielu prac, z których kontekście niniejszego referatu można wymienić pozycje [2÷16].

Głównymi przyczynami powstawania systematycznych zmian odchyłki skoku przedmiotu obrabianego są niedokładności geometryczne układu technologicznego OUPN, odkształcenia cieplne i mechaniczne szlifowanego przedmiotu oraz obrabiarki [2, 5].

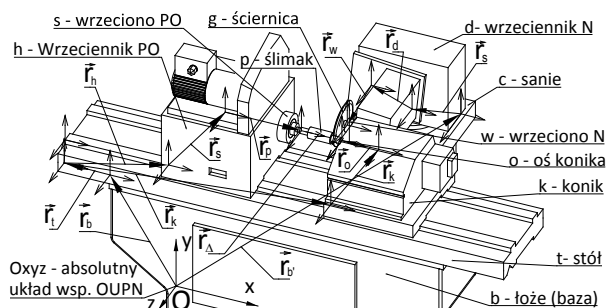
Z kolei odchyłki zarysu powierzchni śrubowej spowodowane są niedokładnością geometryczną układu technologicznego OUPN, niedokładnością kinematyczną szlifierki, odkształceniami sprężystymi układu technologicznego, odchyłkami położenia i odchyłkami kształtu narzędzia.

Modyfikacja technologiczna zarysu powierzchni śrubowej powinna być poprzedzona analizą cech stereometrycznych i skutków eksploatacyjnych. W tym celu opracowano metodykę modelowania oraz analizy szlifowania powierzchni śrubowych ślimaków z wykorzystaniem systemów CAD/CAE.

Wirtualny układ technologiczny OUPN utworzono w oparciu o geometrię konstruktywną systemu CAD [1], zgodnie z opracowanym przestrzennym łańcuchem wymiarowym. Zbudowanie takiego układu pozwala na przeprowadzenie badań symulacyjnych umożliwiających określenie parametrów geometrycznych szlifowanej powierzchni śrubowej, w tym współrzędnych zarysów osiowych i dowolnych innych, dla powierzchni będących obwiednią położenia narzędzia – stożkopochodnych, torusopochodnych oraz o dowolnych (dopuszczalnych) zarysach. Możliwe jest przeprowadzanie analiz wpływu odchyłek położenia względnego narzędzia i szlifowanej powierzchni śrubowej na cechy geometryczne obrabianej powierzchni.

Potrzeba geometrycznej analizy cech układu technologicznego wynika z faktu, że zarysy niektórych powierzchni śrubowych zależą nie tylko od ich parametrów, ale również od kształtu, wymiarów i położenia narzędzia. Wyznaczenie tych zależności i ich analiza są niezbędne do właściwego doboru zarysu i wymiarów położenia narzędzia umożliwiającego uzyskanie określonego kształtu powierzchni śrubowej. Analiza taka może być podstawą kontroli wprowadzonej modyfikacji zarysu powierzchni śrubowej, polegającej na zastąpieniu powierzchni nominalnej powierzchnią śrubową innego rodzaju lub powierzchnią śrubową tego samego rodzaju lecz o innym zarysie.

Model matematyczny szlifowania powierzchni śrubowej ślimaka opracowano w oparciu o rachunek wektorowo-macierzowy układu obróbkowego OUPN, składającego się układów współrzędnych przedstawionych na rys. 1.



Rys. 1. Układ technologiczny OUPN

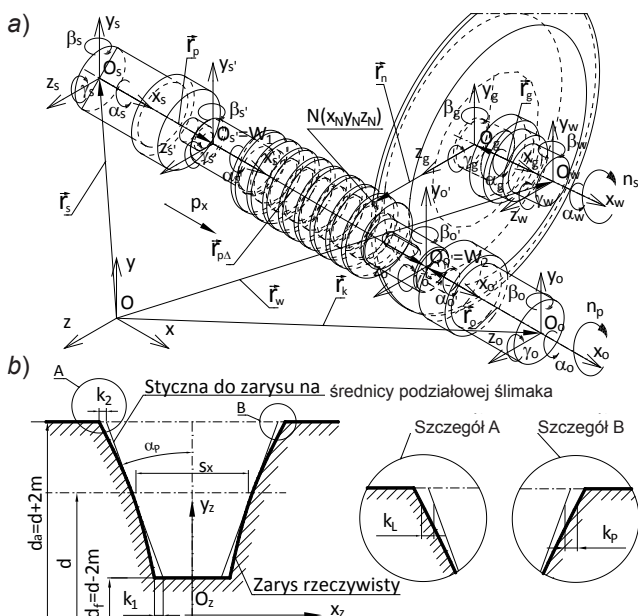
Powierzchnie śrubowe ślimaka

Powierzchnia śrubowa ślimaka obrabiana narzędziem krążkowym jest obwiednią powierzchni czynnych narzędzia poruszającego się ruchem śrubowym, współśrodkowym z osią powierzchni śrubowej. Powierzchnia ta w przypadku ogólnym nie jest prostokreślna. Do wyznaczenia ogólnego

* Prof. dr hab. inż. Wojciech Kacalak (wk5@tu.koszalin.pl), Zbigniew Budniak (budniak@lew.tu.koszalin.pl), mgr inż. Filip Szafraniec (filip.szafraniec@tu.koszalin.pl) – Politechnika Koszalińska, Katedra Inżynierii Medycznej

równania powierzchni śrubowej obrabianej narzędziem krążkowym można wykorzystać teorię obwiedni, metodę podziału narzędzia krążkowego na nieskończoną liczbę narzędzi elementarnych o nieskończonej małej szerokości [2] lub też metodę wyznaczania rodziny linii styku powierzchni śrubowej i narzędzia [2].

Do rozważań wprowadzono absolutny układ współrzędnych $Oxyz$ i lokalne układy współrzędnych związane z elementami układu technologicznego pokazanymi na rys. 2a.



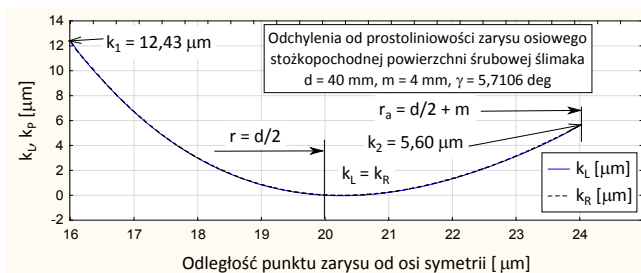
Rys. 2. Kształtowanie stożkopochodnej powierzchni śrubowej ślimaka a) układ kinematyczny, b) zarys osiowy

Zagadnienie wyznaczania zarysu osiowego oraz analizy odchyłek od prostoliniowości stożkopochodnej powierzchni śrubowej ślimaka jest obszernie przedstawione w wielu pracach [2, 5, 11, 12]. Odchylenia wyznaczono względem prostej stycznej do zarysu w punkcie leżącym na średnicy podziałowej (rys. 2b). Wyznaczono odchylenia i dla przypadku, gdy kąt pochylecia osi narzędzia jest równy kątowi pochylecia linii śrubowej na walcu podziałowym.

Aby wyznaczyć zarys osiowy stożkopochodnej powierzchni śrubowej ślimaka, z uwzględnieniem wpływu wybranych parametrów dokładności geometrycznej i kinematycznej obrabiarki, odchyłek zarysu narzędzia itp., opracowano aplikacje numeryczne.

Wyniki analiz

W oparciu o teoretyczne i rzeczywiste krzywe wyznaczające zarys osiowy, pokazany na rys. 2b, można wyznaczyć współrzędne tych zarysów w lokalnym układzie współrzędnych ślimaka $O_z x_z y_z z_z$.



Rys. 3. Odchylenia od prostoliniowości zarysu osiowego stożkopochodnej powierzchni śrubowej ślimaka jednozwojnego

Znając wartości współrzędnych zarysu, można obliczyć wartości odchyłek (k_L , k_p , k_1 , k_2) od prostoliniowości stożkopochodnej powierzchni śrubowej zarysu ślimaka (rys. 3).

Podsumowanie

Opracowany model symulacyjny umożliwia przeprowadzenie analiz numerycznych układu technologicznego OUPN szlifowania stożkopochodnej powierzchni śrubowej ślimaka w oparciu o przestrzenny łańcuch wymiarowy. Pozwala to m.in. na:

- modelowanie powierzchni śrubowej z uwzględnieniem wpływu niedokładności geometrycznej i kinematycznej obrabiarki (bicie osiowe i promieniowe wrzeciona przedmiotu, bicie promieniowe i osiowe wrzeciona ściernicy, niedokładności wykonania elementów układu technologicznego OUPN, niedokładności kinematyczne układu śruba pociągowa-wrzeciono itp.), niedokładności zarysu ściernicy po obciążeniu oraz niedokładności nastawienia obrabiarki;
- analizę odchyłek zarysu osiowego stożkopochodnej powierzchni śrubowej ślimaka.

LITERATURA

- Budniak Z. "Modelling and Numerical Analysis Of Assembly System". *Acta Mechanica et Automatica*. Vol. 9, No. 3 (2015): pp. 145+150.
- Kacalak W. „Wybrane problemy konstrukcji i technologii precyzyjnych przekładni ślimakowych”. *Monografia Wydziału Mechanicznego*. Nr 51, Koszalin 1995.
- Kacalak W., Majewski M., Budniak Z. „Worm Gear Drives With Adjustable Backlash”. *Journal of Mechanisms and Robotics-Transactions of the ASME*. Vol. 8 (2015): pp. 014504-1+014504-7.
- Kacalak W., Majewski M., Budniak Z. „Przekładnie ślimakowe z regulowanym luzem bocznym”. *Mechanik*. Nr 7 (2014): s. 526+533.
- Kacalak W., Szafranec F. „Analiza kształtu i położenia strefy obróbki w procesie szlifowania powierzchni śrubowych ślimaków stożkowych”. *Mechanik*. Nr 8-9 (2015): CD, s. 159+163.
- Marciniak T. "Characteristic wear as the basis for defining the abrasive wear rate in worm gear drivers". *Advances in Manufacturing Science and Technology*. Vol. 26, No. 2 (2002): pp. 63+75.
- Marciniak A., Pisula J., Płocica M., Sobolewski B. „Projektowanie przekładni stożkowych z zastosowaniem modelowania matematycznego i symulacji w środowisku CAD”. *Mechanik*. Nr 7 (2011): s. 602+605.
- Marciniak A., Sobolewski B. "Method of spiral bevel gear tooth contact analysis performed in CAD environment". *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*. Vol. 85, Iss. 6 (2013): pp. 467+474.
- Rakowiecki T., Skawiński P., Siemiński P. „Wykorzystanie parametrycznych szablonów systemu 3D CAD do generowania modeli uzębień kół stożkowych”. *Mechanik*. Nr 12 (2011): s. 977+979.
- Skawiński P., Siemiński P., Pomianowski R. „Generowanie modeli bryłowych uzębień stożkowych za pomocą symulacji oprogramowanych w systemie 3D CAD”. *Mechanik*. Nr 11 (2011): s. 922+924.
- Skoczylas L. „Automatyzacja procesu modelowania uzębienia kół przekładni ślimakowych”. *Technologia i automatyzacja montażu*. Nr 1 (2011): s. 25+27.
- Skoczylas L. „Synteza geometrii zazębienia walcowych przekładni ślimakowych ze ślimakiem o dowolnym zarysie”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej. Rzeszów 2010.
- Twardoch K. „Cyfrowe modelowanie geometryczne zarysu zębów z zastosowaniem metodologii CAD”. *Zeszyty Naukowe Transport. Politechnika Śląska*. Tom 82 (2014): s. 271+279.
- Wei J., Zhang G. "A precision grinding method for screw rotors using CBN grinding wheel". *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Springer. Nr 48 (2010): pp. 495+503.
- Wei J., Zhang Q., Xu Z., Lyu S. "Study on Precision Grinding of Screw Rotors using CBN Wheel". *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*. Springer. Vol. 11, No. 5 (2010): pp. 651+658.
- Woronkiewicz A., Wachla D. „Model autogenerujący CAD zazębienia przekładni ślimakowej». *Zeszyty Naukowe Transport. Politechnika Śląska*. Tom z. 82 (2014): s. 291+300.