

Możliwości kształtowania ślimaków Archimedesesa za pomocą stożkowych narzędzi trzpieniowych

Machining Archimedean worms through the use of conical rotary tools

DAWID WYDRZYŃSKI
LESZEK SKOCZYLAŚ *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.407

W artykule przedstawiono możliwości ukształtowania ślimaka Archimedesesa z wykorzystaniem narzędzi o prostoliniowym zarysie. Przedstawiony sposób bazuje na stożkowych narzędziach trzpieniowych wchrowato ustawionych w stosunku do osi ślimaka. Omówiono sposób ustawienia narzędzi oraz wyniki przeprowadzonej obróbki. Prezentowany sposób kształtowania jest możliwy do realizacji za pomocą handlowych narzędzi trzpieniowych oraz klasycznych obrabiarek pięcioosiowych. **SŁOWA KLUCZOWE:** ślimak Archimedesesa, powierzchnia śrubowa, zarys prostoliniowy, pilnik obrotowy

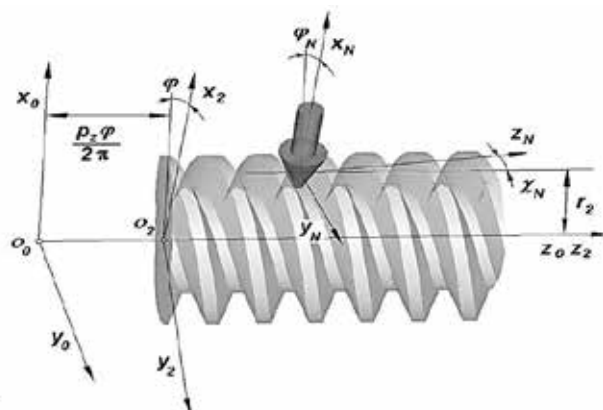
The article presents the contingency of shaping an Archimedes's worm through the use of tools, which have a linear profile. The method of referencing conical rotary tools that are mounted in an undulating setting in regards to the axis of the worm screw is also demonstrated. The tool mounting method and the machining results are discussed. The presented machining method is viable through the use of standard rotary tools and conventional five axis mills.

KEYWORDS: Archimedean worm, helical surface, linear profile, rotary burr

Prostoliniowy zarys ślimaka Archimedesesa jest jednym z rysów powszechnie wykorzystywanych w praktyce. Obróbka takiego zarysu wykonywana jest głównie toczeniem. Ten sposób obróbki ma jednakże znaczne ograniczenia w postaci jakości powierzchni po obróbce, jak również niemożności zastosowania tej metody obróbki przy dużych kątach wzniosu linii śrubowej [1, 2]. Z tego też względu celem poprawy jakości powierzchni należy przeprowadzić obróbkę wykończeniową. Powszechnie wykorzystuje się szlifowanie ściernicą krążkową [3]. Szlifowanie powierzchni śrubowej ściernicą o prostoliniowym zarysie pozwala uzyskać zarys stożkopochodny lub ewolwentowy. Aby uzyskać prostoliniowy zarys ślimaka Archimedesesa narzędziem krążkowym, konieczne jest odpowiednie zaprofilowanie ściernicy. Zastosowanie stożkowych narzędzi trzpieniowych pozwala na uzyskanie prostoliniowego zarysu ślimaka Archimedesesa. Te narzędzia wymagają odpowiedniego ustawienia narzędzia względem powierzchni obrabianej [5, 6]. Sposób obróbki powierzchni śrubowej narzędziem w postaci ściernicy stożkowej jest rzadko wykorzystywany ze względu na niską trwałość tego narzędzia. Z tego też względu zaleca się wykorzystanie stożkowych narzędzi obrotowych w postaci pilników obrotowych, które charakteryzują się wyższą trwałością [7].

Kinematyka kształtowania powierzchni śrubowej narzędziem stożkowym

Podstawowym zarysem narzędzia stożkowego jest zarys prostoliniowy. Kształtowane takim narzędziem pozwala na uzyskanie powierzchni stożkopochodnej. Opracowania [4÷6] przedstawiają matematyczny model zarysu zwoju ślimaka kształtowanego narzędziem trzpieniowym. Kształt śrubowej powierzchni bocznej zwoju ślimaka stożkopochodnego tworzy linia styku pomiędzy narzędziem a kształtowanym ślimakiem oraz linia śrubowa ślimaka. Kinematykę kształtowania uzwojenia narzędziem stożkowym przedstawiono na rys. 1. Powierzchnia boczna zwojów ślimaka powstaje w wyniku ruchu obrotowego i posuwowego narzędzia wokół osi ślimaka.



Rys. 1. Układ kinematyczny kształtowania zarysu zwoju ślimaka stożkopochodnego [5], gdzie: r_2 – promień podziałowy ślimaka, p_z – skok linii śrubowej, χ_N , ϕ_N – kąt obrotu układu narzędzia, ϕ_2 – kąt obrotu ślimaka

Narzędzie odsunięte jest od osi ślimaka o wartość r_2 odpowiadającą promieniowi podziałowemu i na tym promieniu określana jest średnica znamionowa narzędzia. Śrubowa powierzchnia boczna zwojów ślimaka jest następstwem liniowego styku znanej powierzchni narzędzia i kształtowanego ślimaka. Narzędzie ma możliwość obrotu ϕ_N wokół osi z_N układu narzędzia, wprowadzono też skręcenie układu narzędzia względem układu stałego o kąt χ_N . Do opisu współrzędnych linii styku niezbędna jest znajomość równania powierzchni narzędzia oraz równania współrzędnych zwoju ślimaka, jak również składowych wektora normalnego pochodzących z narzędzia i składowych wektora stycznego obliczanych z kinematyki kształtowania ślimaka.

Przedstawione możliwości ruchu narzędzia pozwalają na dowolne wchrowate ustawienie względem osi ślimaka, dzięki któremu możliwe jest uzyskanie zarysów wklęsłych [4], wypukłych, jak również zarysów zbliżonych do prostoliniowego.

* Dr inż. Dawid Wydrzyński (dwydrzynski@prz.edu.pl), dr hab. inż. Leszek Skoczyłaś prof. PRz (lsktmiop@prz.edu.pl) – Katedra Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej

Wykonanie i analiza prostoliniowego zarysu ślimaka Archimedesesa

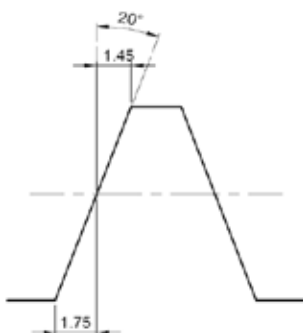
Duże możliwości w zakresie sterowania kształtem powierzchni śrubowej ślimaka tkwią w wchrowatym ustawieniu narzędzia trzpieniowego w stosunku do osi ślimaka. Parametry pilnika i kąty jego ustawienia dla zarysu prostoliniowego przedstawiono w tablicy. Wartości kątów ustawienia pilnika w stosunku do osi ślimaka wynikają z przeprowadzonych obliczeń zgodnie z modelem przedstawionym na rys. 1.

TABLICA. Parametry pilnika i kąty ustawienia

$\alpha_N, ^\circ$	d_N, mm	$\phi_N, ^\circ$	$\chi_N, ^\circ$	RMS, mm
[$^\circ$]	[mm]	[$^\circ$]	[$^\circ$]	[mm]
8	5	12	90	0,00015
		13,3	70	0,002
		18,25	45	0,005
		35,75	20	0,0098

gdzie: α_N – kąt zarysu narzędzia, d_N – średnica znamionowa narzędzia, RMS – błąd średnio kwadratowy

Graficzne przedstawienie wyników przeprowadzonych obliczeń pokazuje rys. 2.



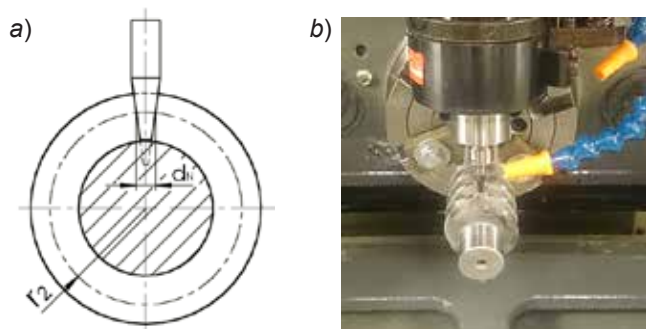
Rys. 2. Osiowy zarys zwoju

Charakterystyczne wymiary odpowiadają średnicom wierzchołkowej i dna wrębu. Kąt zarysu zwoju nie odpowiada kątowi zarysu narzędzia i wynosi 20° .

Do obróbki powierzchni śrubowej wykorzystano pięcioosiowe centrum frezarskie zapewniające możliwość przeprowadzenia obróbki powierzchni śrubowych z wykorzystaniem metody obwiedniowej. Ślimak został zamocowany i wycentrowany bezpośrednio w osi stołu uchylno-obrotowego.

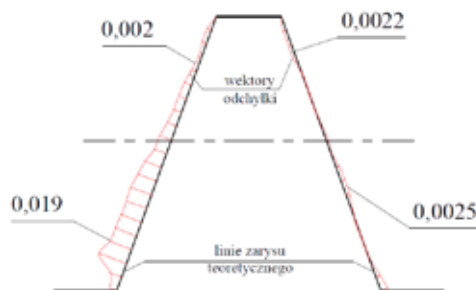
Przeprowadzenie procesu obróbki wymagało stworzenia programu NC. W tym celu opracowano oprogramowanie, za pomocą którego możliwe jest automatyczne generowanie kodu dla różnych zarysów zwoju.

Rysunek 3 przedstawia ustawienie pilnika dla kąta skręcenia 90° . W przypadku obróbki zarysu prostoliniowego oś pilnika przecina oś ślimaka.



Rys. 3. Obróbka zarysu prostoliniowego: a) ustawienie pilnika, b) zdjęcie z obróbki

Pomiar zarysu przeprowadzono na współrzędnościowej maszynie pomiarowej Wenzel LH87 z sondą pomiarową w konfiguracji PH10M w przekroju osiowym ślimaka. Pomiar w przekroju osiowym pozwala na łatwe porównanie wyników z zarysem teoretycznym. Przykładowy zmierzony zarys prostoliniowy z wektorową wizualizacją rozkładu odchyłki kształtu przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Rozkład odchyłki kształtu zarysu prostoliniowego

Zwój po stronie lewej obrabiano narzędziem z prędkością obrotową 30 000 obr/min oraz posuwem 325 mm/min. W tym przypadku można zauważyć niewielkie odpychanie pilnika, które wpływa na wielkość odchyłki. Tak wykonany zarys kwalifikuje się do klasy 7 dokładności wykonania. Zwój po prawej stronie został obrabiony pilnikiem z prędkością obrotową 30 000 obr/min i posuwem 550 mm/min. Na zarysie rzeczywistym nie widać efektu odpychania narzędzia, ponieważ wykonano cztery przejścia wykończeniowe po tej samej ścieżce. Ze względu na wielkość odchyłki zarysu ślimaka można go zakwalifikować do klasy 4 dokładności wykonania.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań należy stwierdzić, iż pilniki obrotowe mogą być z powodzeniem wykorzystywane do obróbki powierzchni Archimedesesa. Prostoliniowy zarys można uzyskać z pewnym przybliżeniem, przy różnych ustawieniach narzędzia w stosunku do osi ślimaka. Obróbkę wykonano dla kąta skręcenia 90° , przy którym występuje najmniejsza odchyłka prostoliniowości. Otrzymany zarys charakteryzuje się niewielką odchyłką od zarysu teoretycznego. Ponadto w wyniku zastosowania pilników obrotowych możliwe jest uzyskanie zadowalającej jakości powierzchni, porównywalnej do szlifowania. Zasadniczą zaletą tej metody jest wykorzystanie narzędzi handlowych oraz możliwość przeprowadzenia obróbki na jednej obrabiarce.

LITERATURA

- Albu S., Bolos V. "Consideration Regarding a New Manufacturing Technology of Cylindrical Worms Using NC Lathes". *Acta Technica Napocensis. Series: Applied Mathematics and Mechanics and Mechanics*. Vol. 56(II) (2013): pp. 351-354.
- Pozdirca A., Olteanu A., Albu S. "New worm technologies manufacturing on the NC lathe". *Mechanism and Machine Science*. Vol. 13 (2012).
- Marciniak T. "Technologia przekładni ślimakowych". Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji. Łódź (2013).
- Skoczylas L., Pawlus P. "Geometry and machining of concave profiles of the ZK – type". *Mechanism and Machine Theory*. Vol. 95 (2016): pp. 1-140, p. 35.
- Skoczylas L. "Wpływ ustawienia stożkowego narzędzia trzpieniowego na zarys zwoju ślimaka". *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej*. Z. 75 (2008).
- Skoczylas L. "Wpływ geometrii stożkowego narzędzia trzpieniowego na zarys zwoju ślimaka". *Acta Mechanica Slovaca*. Nr 3 – A (2008).
- Wydrzyński D., Skoczylas L. "Wykorzystanie pilników obrotowych w procesach obróbki części". *Wybrane zagadnienia i problemy z zakresu budowy maszyn. Monografia cz. 1*. Rzeszów (2014).