

WPŁYW USTAWIENIA STOŻKOWEGO NARZĘDZIA TRZPIENIOWEGO NA ZARYS ZWOJU ŚLIMAKA

Leszek SKOCZYLAS¹

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono matematyczny opis śrubowej powierzchni bocznej zwoju ślimaka stożkopochodnego kształtowanego narzędziem trzpieniowym. Podany sposób pozwala na obliczenie współrzędnych powierzchni zwoju, dla wchrowatego ustawienia narzędzia w stosunku do osi ślimaka. Przedstawiono kilka przykładów zarysu zwoju ślimaka obliczonego dla różnych ustawień narzędzia.

1. WPROWADZENIE

Ślimaki stożkopochodne stanowią grupę ślimaków, których powierzchnia śrubowa zwoju definiowana jest znamionowym zarysem narzędzia użytego do ich ukształtowania. Pomimo, iż zarys narzędzia jest linią prostą, uzyskuje się różny kształt zarysu ślimaka zależny od typu wykorzystanego narzędzia. Dla narzędzia krążkowego zarys ślimaka jest wypukły i usytuowany w przestrzeni pomiędzy zarysem ewolwentowym a Archimedesesa. Położenie zarysu zależy od geometrii narzędzia i parametrów ślimaka [1,3,4]. Dla narzędzia trzpieniowego można uzyskać zarówno zarys wypukły jak i wklęsły. W głównej mierze zależy to od usytuowania narzędzia względem ślimaka. Przy przecinających się osiach ślimaka i narzędzia uzyskiwany jest zarys wklęsły. W wyniku jednak przesunięcia narzędzia poza przekrój osiowy ślimaka dochodzi do zmian w zarysie. W pozycji [5] przedstawiono kształt zarysu ślimaka w wyniku wychylenie narzędzia, co odpowiadało jego ustawieniu poza przekrojem

¹ dr inż. Leszek Skoczylas – Katedra Technologii Maszyn i Organizacji Produkcji, Politechnika Rzeszowska

osiowym ślimaka. Wychylenie narzędzia następowało w płaszczyźnie prostopadłej do przekroju normalnego ślimaka. Dokonując jednak wychylenia narzędzia płaszczyźnie, która nie jest prostopadła do przekroju normalnego ślimaka, można uzyskać dodatkowe możliwości odnośnie kształtu zarysu. Zagadnienie to jest tematem niniejszego opracowania i stanowi kontynuację zagadnień kształtowania geometrii ślimaków stożkowym narzędziem trzpieniowym w zakresie wchrowatego położenia osi narzędzia w stosunku do osi ślimaka.

2. MATEMATYCZNY MODEL ZARYSU ZWOJU ŚLIMAKA

Powierzchnię boczną zwoju ślimaka tworzy linia styku pomiędzy narzędziem a kształtowanym ślimakiem oraz linia śrubowa ślimaka. Aby obliczyć współrzędne linii styku należy znać równanie powierzchni narzędzia kształtującego ślimak oraz wektor normalny i styczny do wspomnianej powierzchni. Korzystając z opisu geometrycznego narzędzia [5] parametryczne równanie powierzchni narzędzia jest następującej postaci:

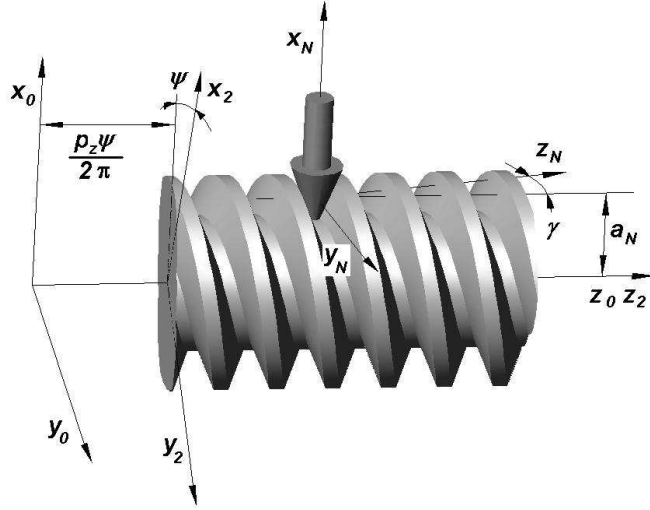
$$\left. \begin{aligned} x_N &= u \\ y_N &= \left(\frac{d_N}{2} + utg\alpha_N \right) \cos \xi \\ z_N &= \left(\frac{d_N}{2} + utg\alpha_N \right) \sin \xi \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Współrzędne powierzchni zgodnie z równaniem zależne są od parametrów powierzchni u i ξ , szerokości narzędzia na średnicy podziałowej ślimaka d_N oraz kąta zarysu narzędzia α_N .

Stosując twierdzenie o normalnych do powierzchni, uzyskuje się składowe wektora normalnego postaci:

$$\left. \begin{aligned} n_x &= utg^2\alpha_N \\ n_y &= -utg\alpha_N \cos \xi \\ n_z &= -utg\alpha_N \sin \xi \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Wektor styczny wynika ze względnego ruchu narzędzia względem ślimaka. Kinematykę kształtowania ślimaka stożkopochodnego na bazie której obliczyć można składowe wektora stycznego przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Zasada tworzenia powierzchni śrubowej

Zgodnie z rysunkiem układ narzędzia jest skrecony o kąt γ , oraz odsunięty o wartość a_N od układu stałego. Standardowo oś narzędzia przecina oś kształtowanego ślimaka pod kątem prostym. Celem badania wpływu wichrowatego położenia narzędzia na zarys ślimaka założono, że narzędzie będzie wychylało się wokół osi z_N układu narzędzia o kąt φ_N . Takie wychylenie powoduje zmiany w kształcie zarysu ślimaka [5]. Ponadto przy wychyleniu narzędzia, możliwe są dodatkowe zmiany kształtu zarysu ślimaka poprzez zmianę kąta skreconia układu narzędzia względem układu stałego (kąt γ). Na podstawie względnego ruchu układu narzędzia $x_N y_N z_N$ względem układu ślimaka $x_2 y_2 z_2$ uwzględniając wychylenie narzędzia, obliczono składowe wektora stycznego, które po przekształceniach przedstawiają się następująco:

$$\left. \begin{aligned} t_x &= \left(\cos \varphi_N \sin \gamma \sin \xi - \cos \gamma \cos \xi \left(\frac{d_N}{2} + u \operatorname{tg} \alpha_N \right) + \sin \varphi_N \left(a_N \cos \gamma + \frac{p_z}{2\pi} \sin \gamma \right) \right) \\ t_y &= u \cos \gamma - \sin \varphi_N \sin \gamma \sin \xi \left(\frac{d_N}{2} + u \operatorname{tg} \alpha_N \right) + \cos \varphi_N \left(a_N \cos \gamma + \frac{p_z}{2\pi} \sin \gamma \right) \\ t_z &= -u \sin \gamma \cos \varphi_N + \sin \gamma \sin \varphi_N \cos \xi \left(\frac{d_N}{2} + u \operatorname{tg} \alpha_N \right) - a_N \sin \gamma + \frac{p_z}{2\pi} \cos \gamma \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Mając wyliczone współrzędne wektora normalnego i stycznego oraz korzystając z twierdzenia, że w punkcie styku iloczyn skalarny obu wektorów jest równy zero, uzyskuje się równanie, które pozwala na obliczenie parametru ξ

powierzchni stożkowej narzędzia. Podstawiając obliczony parametr do równania (1) uzyskuje się współrzędne linii styku w układzie narzędzia. Powierzchnia śrubowa ślimaka powstaje przez obrót oraz przesunięcie wzdłuż jego osi obliczonej linii styku. Uwzględniając macierze przejścia, pomiędzy układami narzędzia i ślimaka [5] końcową zależność opisującą współrzędne stożkopochodnej powierzchni śrubowej można zapisać w następującej postaci:

$$\left. \begin{aligned} x &= u(\cos \psi \cos \varphi_N + \sin \psi \sin \varphi_N) + (\sin \psi \cos \gamma \cos \varphi_N - \cos \psi \sin \varphi_N) \cdot \\ &\cdot \left(\frac{d_N}{2} + \operatorname{tg} \alpha_N \right) \cos \xi + (-\sin \psi) \left(\frac{d_N}{2} + \operatorname{tg} \alpha_N \right) \sin \xi \sin \gamma + a_N \cos \psi \\ y &= u(\cos \psi \sin \varphi_N \cos \gamma - \sin \psi \cos \varphi_N) + (\sin \psi \sin \varphi_N + \cos \psi \cos \varphi_N \cos \gamma) \cdot \\ &\cdot \left(\frac{d_N}{2} + \operatorname{tg} \alpha_N \right) \cos \xi + (-\cos \psi) \left(\frac{d_N}{2} + \operatorname{tg} \alpha_N \right) \sin \xi \sin \gamma - a_N \sin \psi \\ z &= u \sin \gamma \sin \varphi_N + \sin \gamma \cos \varphi_N \left(\frac{d_N}{2} + \operatorname{tg} \alpha_N \right) \cos \xi + \\ &+ \cos \gamma \left(\frac{d_N}{2} + \operatorname{tg} \alpha_N \right) \sin \xi - \frac{p_z \psi}{2\pi} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

W powyższej zależności kąt ψ określa skręcenie układu ślimaka $x_2y_2z_2$ w stosunku do układu $x_0y_0z_0$. Mając równanie powierzchni śrubowej zwoju, współrzędne osiowego zarysu można obliczyć dla współrzędnej y równej 0.

3. ZALEŻNOŚĆ ZARYSU ŚLIMAKA OD USTAWIENIA NARZĘDZIA

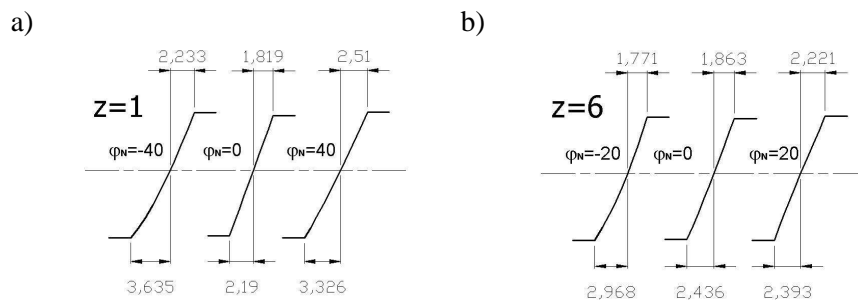
Celem zobrazowania wpływu ustawień narzędzia na zarys ślimaka opracowano kilka przykładów kształtu zarysu ślimaka. Niezmienne parametry ślimaka przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Parametry ślimaka

L.p.	Nazwa parametru	Wartość
1.	Moduł osiowy ślimaka	5 mm
2.	Wskaźnik średnicowy	10
3.	Współczynnik gr. zwoju ślimaka	0,5
4.	Kąt zarysu narzędzia	20°

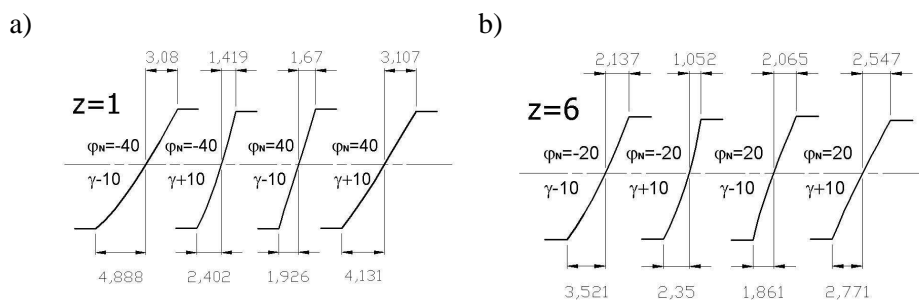
Średnicę znamionową narzędzia przyjęto równą szerokości wrębu pomiędzy zwojami ślimaka w przekroju normalnym. Obliczenia przeprowadzono dla ślimaków jedno i sześciowojnego, dla których kąt wzniosu linii śrubowej wynosi odpowiednio $\gamma=5.7106^\circ$ oraz $\gamma=30.9638^\circ$. Wyniki obliczeń zarysu zwoju ślimaków z wychyleniem narzędzia w płaszczyźnie prostopadłej do przekroju

osiowego ślimaka przedstawiono na rys. 2. Przyjęte wychylenie narzędzia wynosiło dla ślimaka jednozwojnego $\pm 40^\circ$ oraz $\pm 20^\circ$ dla sześciowojnego. Mniejsza wartość kąta wychylenia dla wielozwojnego ślimaka wynikała ze znaczącego wpływu tego kąta na zarys ślimaka.



Rys. 2. Zarys zwoju dla wychylenia narzędzia w płaszczyźnie prostopadłej do przekroju osiowego ślimaka

Jak wynika z rysunku 2, dla przecinających się osi ślimaka i narzędzia, różnice w zarysie są nieznaczne. Istotne zmiany w zarysie wprowadza wychylenie narzędzia (kąt φ_N). Dla ujemnych wartości wychylenia wklęsłość zarysu się powiększa, dla dodatniego wychylenia i dużej wartości kąta wzniosu linii śrubowej zarys przechodzi w wypukły. Przedstawione przykłady odnoszą się do wychylenia narzędzia w płaszczyźnie, o prostopadłym ustawieniu do przekroju normalnego ślimaka. Wprowadzając wychylenie narzędzia w płaszczyźnie o innym ustawieniu, uzyskuje się dodatkowe zmiany w zarysie. Wyniki obliczeń dla wychyleń narzędzia w płaszczyźnie odchylonej od prostopadłości do przekroju normalnego o $\pm 10^\circ$, przedstawiono na rys. 3.



Rys. 2. Zarys zwoju dla wychylenia narzędzia w płaszczyźnie nie prostopadłej do przekroju osiowego ślimaka

Zasadnicza zmiana zarysu ślimaka widoczna na rys. 3 dotyczy kąta zarysu zwoju. Wpływ kąta ustawienia płaszczyzny wychylenia narzędzia na kąt zarysu ślimaka przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 2. Normalny i osiowy kąt zarysu ślimaka

Liczba zwojów ślimaka	φ_N	Ustawienie płaszczyzny wychylenia					
		$\gamma - 10^\circ$		γ		$\gamma + 10^\circ$	
		α_n	α_o	α_n	α_o	α_n	α_o
1	-40°	31.734	31.862	24.581	24.689	16.871	16.951
	0°	19.918	20.009	19.918	20.009	19.918	20.009
	40°	17.327	17.408	25.736	25.848	30.995	31.121
6	-20°	21.851	25.063	18.484	21.298	13.531	15.677
	0°	18.059	20.819	18.059	20.819	18.059	20.819
	20°	17.812	20.541	19.868	22.851	23.581	26.978

Porównując wartości w tabeli można zauważyć znaczne różnice spowodowane zarówno ustawieniem płaszczyzny wychylenia narzędzia, jak i samym wychyleniem φ_N . Dla zgodnych znaków wychylenia narzędzia i ustawienia płaszczyzny wychylenia widoczny jest wzrost kąta zarysu zwoju ślimaka, z kolei dla znaków przeciwnych, zmniejszenie kąta zarysu zwoju. Należy również zauważyć różnicę w kącie zarysu ślimaka w stosunku do kąta zarysu narzędzia. W żadnym przypadku kąt zarysu zwoju nie odpowiada kątowi zarysu narzędzia, nawet dla przecinających się osi narzędzia i ślimaka.

4. PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki obliczeń na bazie matematycznego modelu kształtowania ślimaka stożkopochodnego narzędziem trzpieniowym, pokazują duże możliwości w obszarze sterowania kształtem zarysu ślimaka. Wprowadzając wchrowate ustawienie narzędzia w stosunku do ślimaka można uzyskać zarówno wklęsłe jak i wypukłe zarysy ślimaka, przy wykorzystaniu narzędzia o prostoliniowym zarysie łatwym do zaprofilowania. Bazując na wynikach badań [2] pokazujących, że przekładnie ślimakowe z nieliniowym zarysem ślimaka charakteryzują się większą nośnością i sprawnością można stwierdzić, że istnieje potrzeba prowadzenia badań w tym obszarze.

LITERATURA

- [1] Kornberger Z.: Przekładnie ślimakowe. WNT Warszawa 1973
- [2] Marciniak T.: Obciążalność zazębienia przekładni ślimakowych. Zeszyty Naukowe PŁ nr 934. Łódź 2004
- [3] Marciniak T.: Przekładnie ślimakowe walcowe. PWN Warszawa 2001.

- [4] Skoczylas L.: Linia styku zębów przekładni ślimakowej o stożkopochodnym zarysie ślimaka. Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji nr 2/2006.
- [5] Skoczylas L.: Zarys ślimaka stożkopochodnego kształtowanego narzędziem trzpieniowym. XXIII Sympozjon Podstaw Konstrukcji Maszyn. Rzeszów-Przemyśl 2007

INFLUENCE OF SETTING OF CONICAL SHANK TOOL ON TOOTH PROFILE OF K-WORM

SUMMARY

The paper presents mathematical description of the helical surface of K-worm tooth generated with use conical tool. The introduced method makes possible calculation of coordinates of surface tooth, for twist setting of tool in relation to axis of worm. The paper contains several examples of worm tooth profile calculated for different settings of tool.