

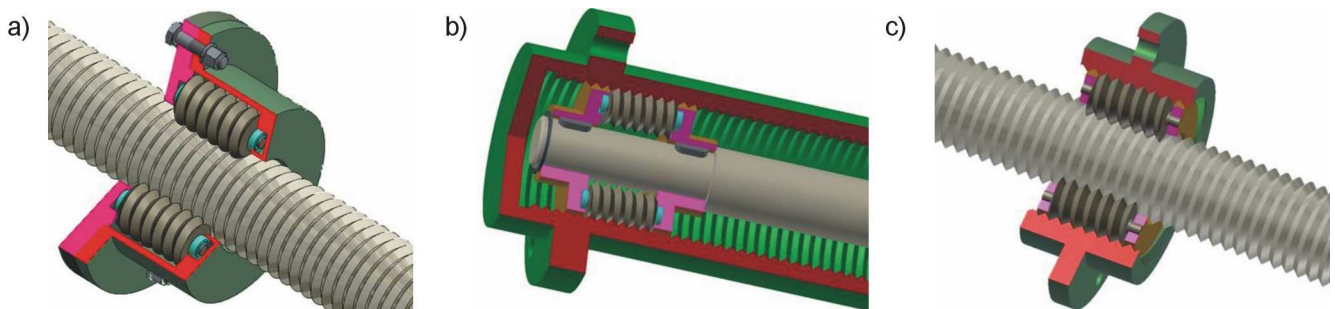
Warchoł Stanisław, mgr inż.

Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Katedra Konstrukcji Maszyn
e-mail: warchols@prz.edu.pl

Tytuł: Parametry symulacji obróbki elementów rolkowych przekładni tocznych.

Streszczenie: W artykule przedstawiono proces generowania sprzężonych zarysów gwintów rolkowej przekładni tocznej na drodze bryłowej symulacji obróbki. Uzyskane zarysy zapobiegają wystąpieniu interferencji współpracujących elementów przekładni. Proces symulacji opracowano dla różnych rozwiązań konstrukcyjnych przekładni.

Śrubowe przekładnie toczne służą do zamiany ruchu obrotowego na postępowy. Ze względu na rodzaj elementu tocznego można je podzielić na: kulkowe, rolkowe oraz łożyskowe [1]. Niniejszy artykuł poświęcony jest rolkowym przekładniom tocznym. Podstawowymi elementami tego typu przekładni są: śruba, rolka oraz nakrętka. Głównymi zaletami tych przekładni uzasadniającymi ich praktyczne zastosowanie są przede wszystkim: duża nośność (1,3-5 razy większa niż w przypadku kulkowych przekładni tocznych o podobnych gabarytach [2]), wysoka sprawność. Ponadto jest to jedyna z przekładni śrubowych, która daje możliwość uzyskania wskaźnika kinematycznego (posuw na obrót) w szerokim zakresie – w pozostałych rodzajach przekładni jest on równy skokowi gwintu. Sposób wyznaczania uzyskiwanego wskaźnika kinematycznego opisany został m.in. w pozycjach literaturowych [3] i [4].

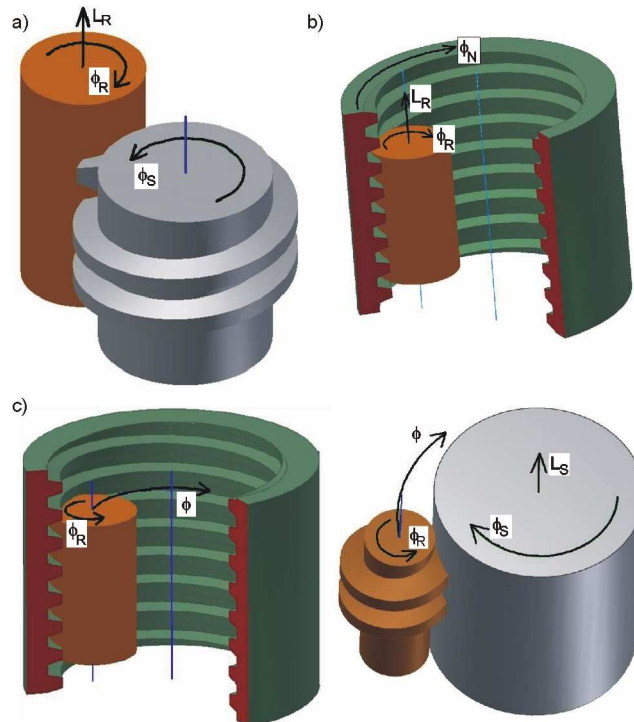


Rys.1. Rodzaje rolkowych przekładni tocznych: a) rolka współpracuje tylko ze śrubą, b) rolka współpracuje tylko z nakrętką c) rolka współpracuje z oboma elementami

Spotyka się 3 rodzaje rozwiązań konstrukcyjnych tych przekładni:

- a) rolka współpracuje jedynie ze śrubą (rys. 1a),
- b) rolka współpracuje jedynie z nakrętką (rys.1b),
- c) rolka współpracuje z oboma elementami równocześnie (rys.1c).

Jednym z głównych problemów przy projektowaniu tego typu przekładni jest występowanie zjawiska interferencji gwintów współpracujących elementów. Wobec tego ich zarysy muszą być sprzężone ze sobą. W celu uzyskania sprzężonych zarysów gwintów współpracujących elementów wykorzystano metodę bryłowej symulacji obróbki. Metoda ta polega na odwzorowaniu kinematyki pracy przekładni w systemie CAD. Dlatego też w procesie tworzenia sprzężonego zarysu gwintu jako narzędzie przyjęto jeden z elementów przekładni z założonym zarysem gwintu.



Rys.2. Schemat symulacji obróbki, przy różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych przekładni: a) rolka współpracuje tylko ze śrubą, b) rolka współpracuje tylko z nakrętką, c) rolka współpracuje z oboma elementami

Na podstawie przeprowadzonej analizy kinematycznej poszczególnych rozwiązań konstrukcyjnych rolkowej przekładni tocznej opracowano kinematykę procesu symulacji obróbki. Ze względu na występowanie większych trudności technologicznych przy wykonaniu gwintów wewnętrznych o skomplikowanym zarysie (niż gwintów zewnętrznych), w przypadkach przekładni gdzie występuje nakrętka, to właśnie ją przyjmowano jako narzędzie.

Dla przypadku, gdy rolka współpracuje tylko ze śrubą (rys.1a), kinematykę procesu symulacji przedstawiono na rys.2a, jako wielkość zadaną przyjęto kąt obrotu śruby względem własnej osi ϕ_S , wówczas wielkościami wynikowymi są: kąt obrotu rolki względem własnej osi ϕ_R oraz osiowe przesunięcie rolki L_R . Wielkości te wyznacza się na podstawie układu równań (1):

$$\begin{cases} \phi_R = \phi_S \cdot \frac{d_{2S}}{d_{2R}} \\ L_R = \frac{\phi_S \cdot P}{2 \cdot \pi} \cdot \left(n_S \pm n_R \cdot \frac{d_{2S}}{d_{2R}} \right) \end{cases} \quad (1)$$

gdzie:

d_{2S} , d_{2R} – średnice toczne odpowiednio śruby oraz rolki
 n_S , n_R – krotności gwintu odpowiednio śruby oraz rolki
 P – podziałka gwintu.

Dla rozwiązania, gdy rolka współpracuje tylko z nakrętką (rys.1b), kinematyka pokazana została na rys.2b, jako wielkość zadaną przyjęto kąt obrotu nakrętki względem własnej osi ϕ_N , dla tego przypadku wielkościami wynikowymi są ϕ_R i L_R obliczane na podstawie układu równań (2):

$$\begin{cases} \varphi_R = \varphi_N \cdot \frac{D_{2N}}{d_{2R}} \\ L_R = \frac{\varphi_N \cdot P}{2 \cdot \pi} \cdot \left(n_N \mp n_R \cdot \frac{D_{2N}}{d_{2R}} \right) \end{cases} \quad (2)$$

gdzie:

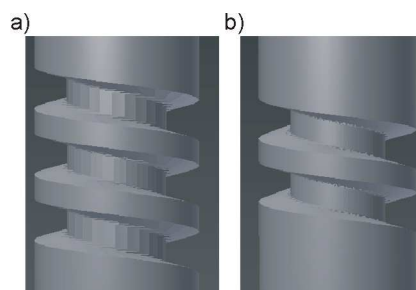
D_{2N} – średnica toczna gwintu nakrętki

W sytuacji, gdy rolka współpracuje jednocześnie z oboma elementami (rys.1c). Proces symulacji obróbki odbywa się w dwóch etapach, najpierw nakrętka obrabia rolkę, następnie uzyskaną rolkę traktuje się jako narzędzie do obróbki śruby. Kinematykę tego procesu przedstawia rys.2c, jako wielkość zadaną przyjęto φ_S natomiast wynikowe to: φ_R , oraz φ – kąt obrotu rolki względem osi śruby i L_S – osiowe przesunięcie śruby. Opisane są zależnościami (3):

$$\begin{cases} \varphi = \varphi_S \cdot \frac{d_{2S}}{2 \cdot (d_{2S} + d_{2R})} \\ \varphi_R = \varphi \cdot \frac{D_{2N}}{d_{2R}} \\ L_S = \frac{(\varphi_S - \varphi) \cdot P}{2 \cdot \pi} \cdot \left(n_S \pm n_R \cdot \frac{d_{2S}}{d_{2R}} \right) \end{cases} \quad (3)$$

Górne znaki we wzorach (1), (2) i (3) odpowiadają sytuacji gdy obrabiany element ma posiadać zgodny kierunek pochylenia linii gwintu z obrabiającym go narzędziem, dolne – przeciwnym. Opisane powyżej zależności kinematyki procesu symulacji obróbki są jednymi z możliwych, tzn. istnieje możliwość przekształcenia opisanych zależności dzięki czemu można np. dla przypadku z rys.2a zamienić ruch obrotowy śruby wokół własnej osi na ruch obrotowy rolki wokół osi śruby, dzięki czemu wszystkie ruchy wykonuje tylko rolka. Innym przykładem uproszczenia jest zastąpienie obrotów śruby wokół własnej osi φ_S i rolki wokół osi śruby φ (przypadek c – dla symulacji nacinania gwintu śruby) zastąpieniem jednym kątem będącym ich różnicą – co skutkuje zmniejszeniem ilości ruchów w każdym kroku a co za tym idzie w znacznym stopniu przyspiesza proces symulacji.

Na podstawie wyprowadzonych powyżej zależności wykonano symulacje obróbki elementów przekładni w programie Inventor.



Rys.3. Uzyskane modele rolki w procesie symulacji nacinania przy różnych kątach a) $\varphi_S=7^\circ$, b) $\varphi_S=1^\circ$

Na rys.3a przedstawiono uzyskany model gwintu rolki wynikający ze sprzężenia z trapezowym symetrycznym gwintem śruby dla następujących parametrów: $d_{2S}=40\text{mm}$ i $d_{2R}=20\text{mm}$ oraz przy założonym kroku symulacji którym jest kąt obrotu śruby względem

własnej osi $\varphi_S = 7^\circ$. W tym przypadku występuje duża graniastość modelu a więc i niedokładność uzyskanego zarysu i modelu do późniejszych analiz np MES. W celu podniesienia dokładności uzyskanego modelu dobrano mniejszy kąt – rys.3b przedstawia tą samą rolkę uzyskaną przy kącie symulacji $\varphi_S=1^\circ$. Kąty φ_i należy dobierać możliwie jak najmniejsze. W praktyce jednak zbyt mała wartość kąta kroku symulacji φ_i spowoduje znaczne wydłużenie czasu symulacji a może nawet uniemożliwić jej wykonanie ze względu na generowanie przez system brył o objętości bliskiej 0.

Na podstawie przeprowadzonych analiz i symulacji wynika, że istotna jest znajomość kinematyki rolkowych przekładni tocznych oraz dobór odpowiednich wartości kroków symulacji dla poszczególnych rozwiązań konstrukcyjnych. Otrzymane w ten sposób modele mogą służyć do dalszych analiz.

Literatura:

1. J.Z.SOBOLEWSKI: Przekładnie śrubowe kulkowe WNT Warszawa 2009
2. E.REJMAN: Rolkowe przekładnie gwintowe. *Zeszyty naukowe PRz, Mechanika z.46.* Rzeszów 1995 s. 91-104
3. J.PISULA, S. WARCHOŁ: Zastosowanie systemów CAD w analizie rolkowych przekładni tocznych. *MECHANIK85 (2012)2 (suplement – płyta CD)*
4. M.H.JONES, S.A.VELINSKY: Kinematics of Roller Migration In the Planetary Roller Screw Mechanism. *Journal of Mechanical Design.* June 2012



WOJEWÓDZTWO PODKARPACKIE

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Badania realizowane w ramach „Podkarpackiego funduszu stypendialnego dla doktorantów”.
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.