

Sposób prowadzenia elementów tocznych w przekładniach spiroidalnych

Conducting of the rolling elements in the spiroid gears

STANISŁAW PABISZCZAK *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.319

W artykule przedstawiono konstrukcję tocznej przekładni spiroidalnej, składającej się z koła płaskiego z uzębieniem czołowym o ewolwentowej linii zębów oraz z łańcucha, na którym zostały rozmieszczone elementy toczne. Napęd może być przekazywany za pośrednictwem kół łańcuchowych bądź ślimaka. Opracowano modele CAD i wyznaczono parametry geometryczne przekładni.

SŁOWA KLUCZOWE: toczna przekładnia spiroidalna, przekładnia toczna, tarcie toczne

The paper presents the construction of a spiroid roller gear, consisting of a face gear with involute teeth line and a chain with the rolling elements. The torque can be applied to one of the sprocket wheels or to the worm. CAD models have been developed and geometrical parameters calculated.

KEYWORDS: spiroid roller gear, rolling transmission, rolling friction

Poszukiwanie nowych, innowacyjnych rozwiązań w dziedzinie napędów staje się wyzwaniem, z którym powinna zmierzyć się współczesna inżynieria. Trend ten znajduje odzwierciedlenie m.in. w licznych próbach rozwoju konstrukcji przekładni tocznych. Podejmowano, często z sukcesem, próby zastosowania elementów tocznych (pośredniczących w przekazywaniu napędu) w przekładniach trochoidalnych [5], czy ślimakowych [8]. Niniejszy artykuł stanowi opis sposobów zaimplementowania elementów tocznych w płaskich przekładniach spiroidalnych.

Przekładnie spiroidalne składają się ze ślimaka oraz koła z uzębieniem czołowym o ewolwentowej linii zębów [1]. Charakteryzują się one dużym przełożeniem, dokładnością pozycjonowania, samohamownością oraz możliwością przenoszenia znacznych obciążeń. Wymienione cechy sprawiają, że tego typu przekładnie znajdują zastosowanie w napędach precyzyjnych maszyn i urządzeń, np. w pozycjonerach obrotowych. Problem stanowi jednak wysokie zużycie ściernie współpracujących powierzchni.

Zastosowanie w przekładniach spiroidalnych elementów tocznych pozwala na wyeliminowanie zjawiska tarcia ślizgowego, co przyczynia się do zmniejszenia oporów ruchu oraz zużycia ściernego powierzchni czynnych. Wpływa to korzystnie na trwałość i sprawność przekładni, a w konsekwencji całego układu napędowego maszyny.

Idea tocznej przekładni spiroidalnej

Pierwsze próby opracowania konstrukcji tocznej przekładni spiroidalnej [6] zakładały aplikację elementów tocznych w postaci kulek i zapewnienie im obiegu względem ślimaka (rys. 1). System cyrkulacji elementów tocznych składa się z kanału wykonanego w osi ślimaka wraz z od-

powiednio wyprofilowanymi rurkami zwrotnymi, zapewniającymi połączenie kanału ze zwojem ślimaka. Takie rozwiązanie zapewnia wysoką sztywność przekładni oraz możliwość pracy z dużymi prędkościami. Zauważono jednak, że istnieje ryzyko wystąpienia nieciągłości w przekazywaniu momentu obrotowego, ze względu na dyskretny charakter styku kulek z powierzchniami zębów koła płaskiego. Dlatego też zastosowano dwa koła z uzębieniem czołowym o przeciwnym kierunku linii zębów, zwiększając tym samym wskaźnik zazębienia przekładni.



Rys. 1. Model tocznej przekładni spiroidalnej z dwoma kołami płaskimi o uzębieniu czołowym

W toku prowadzonych analiz stwierdzono konieczność modyfikacji sposobu prowadzenia elementów tocznych, celem zapewnienia ciągłości ich styku z powierzchniami uzębienia.

Przekładnia toczna z łańcuchem

Koncepcja nowej przekładni tocznej [7] zakłada powiązanie elementów tocznych z łańcuchem, który współpracuje z kołem o uzębieniu czołowym (rys. 2). Elementy toczne są osadzone na sworzniach umieszczonych w ogniwach łańcucha i mają możliwość obrotu wokół własnej osi (rys. 3). Odległość między osiami elementów tocznych równa jest podziałce uzębienia czołowego. Płaszczyzna środkowa łańcucha pokrywa się z płaszczyzną osiową ślimaka w klasycznej płaskiej przekładni spiroidalnej.



Rys. 2. Model tocznej przekładni spiroidalnej z łańcuchem [7]

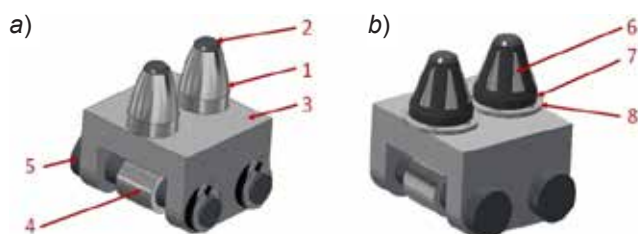
* Mgr inż. Stanisław Pabiszczak (stanislaw.k.pabiszczak@doctorate.put.poznan.pl) – Instytut Technologii Mechanicznej, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej

Wprawienie w ruch łańcucha powoduje obtaczanie się elementów tocnych po powierzchniach zębów koła płaskiego, wywołując jego obrót. W omawianym wariantcie konstrukcji przekładnia nie jest samohamowna, dlatego napęd może być przekazywany albo za pośrednictwem jednego z kół łańcuchowych albo koła z uzębieniem czołowym. Przełożenie przekładni w tej sytuacji oblicza się według równania:

$$i_1 = \frac{\pi d_t}{p z_1}$$

gdzie: d_t – średnica podziałowa koła łańcuchowego; p – podziałka uzębienia; z_1 – liczba zębów koła płaskiego.

Kształt elementów tocnych musi być dostosowany do zarysu zębów koła. Podczas prowadzonych analiz rozważano zastosowanie elementów tocnych w postaci wyoblonionych stożków (rys. 3a) oraz stożkowych łożysk tocnych (rys. 3b). Aplikacja tych drugich powinna przynieść znaczący wzrost trwałości przekładni, wiąże się jednak z trudnościami natury technologicznej, związanymi z wytworzeniem poszczególnych części składowych i ich montażem.



Rys. 3. Budowa ogniwa łańcucha: a) dla stożkowych elementów tocnych: 1 – element tocny, 2 – sworzeń, 3 – korpus ogniwa, 4 – rolka łańcucha, 5 – sworzeń łańcucha; b) dla stożkowych łożysk tocnych: 6 – element tocny, 7 – koszyczek, 8 – łożysko tocne wzdłużne

W celu zwiększenia stopnia redukcji przekładni można zastosować ślimak (walcowy, stożkowy lub globoidalny), umiejscowiony po przeciwnej stronie łańcucha niż koło (rys. 4). Wówczas przekładnia staje się samohamowna, a napęd może być przekazywany wyłącznie za pośrednictwem ślimaka. W omawianym przypadku przełożenie przekładni i_2 jest równe odwrotności liczby zębów koła z uzębieniem czołowym (tak jak w klasycznej przekładni spiroidalnej).



Rys. 4. Model toczonej przekładni spiroidalnej z łańcuchem i ślimakiem walcowym [7]

Obliczenia geometryczne przekładni [1÷4] obejmują wyznaczenie wartości takich parametrów jak średnica okręgu zasadniczego R_{wb} (określa kształt ewolwentowej linii zębów koła), odległość płaszczyzny środkowej łańcucha od płaszczyzny osiowej koła z uzębieniem czołowym a oraz parametrów łańcucha, jak np. średnica podziałowa kół łańcuchowych d_t . Jako dane wejściowe do obliczeń przyjmuje się średnicę podziałową D , liczbę zębów z_1 , podziałkę p oraz szerokość uzębienia koła płaskiego, wyrażoną przez

średnicę zewnętrzną D_z . W przypadku zastosowania ślimaka konieczne jest także określenie jego średnicy podziałowej d . Przykładowe wyniki obliczeń geometrycznych przekładni przedstawiono w tabelicy.

TABLICA. Parametry projektowanej toczonej przekładni spiroidalnej z łańcuchem

Średnica podziałowa koła płaskiego D , mm	230
Średnica zewnętrzna koła płaskiego D_z , mm	260
Liczba zębów koła płaskiego z_1	60
Podziałka uzębienia p , mm	10
Średnica podziałowa ślimaka d , mm	42
Średnica okręgu zasadniczego koła R_{wb} , mm	190,986
Odległość osi ślimaka (płaszczyzny środkowej łańcucha) od płaszczyzny osiowej koła płaskiego a , mm	91,018
Średnica podziałowa kół łańcuchowych d_t , mm	60,755
Przełożenie bez zastosowania ślimaka i_1	0,318
Przełożenie z zastosowaniem ślimaka i_2	0,0167

Podsumowanie

Przeprowadzone analizy pozwoliły zaproponować dwa odmienne sposoby prowadzenia elementów tocnych w przekładniach spiroidalnych. Pierwszy z nich, w którym elementy tocne w postaci kulek znajdują się w obiegu względem ślimaka, zapewnia wysoką sztywność przekładni oraz możliwość przenoszenia dużych obciążeń, jednak wiąże się z ryzykiem wystąpienia nieciągłości w przenoszeniu momentu obrotowego. Drugi sposób, polegający na powiązaniu elementów tocnych z łańcuchem (zastępującym w przekładni ślimak), zapewnia ciągłość współpracy elementów tocnych z powierzchniami uzębienia czołowego, jednak nie zapewnia dostatecznej sztywności, ze względu na podatność łańcucha. Ponadto przekładnia w drugim wariantcie nie będzie mogła przenosić dużych obciążeń, a jej wykonanie może wiązać się z licznymi trudnościami natury technologicznej.

Próby połączenia zalet przekładni spiroidalnych (wysokiej sztywności i dużego wskaźnika zazębienia) z zaletami przekładni toczonej (wysoka sprawność i trwałość) wydają się być uzasadnione, ale wymagają poszukiwania nowych rozwiązań oraz ich szczegółowej analizy. Zapewnienie ciągłości przenoszenia dużych obciążeń oraz wysokiej sztywności jest kluczowym kryterium oceny nowych wariantów konstrukcji toczonej przekładni spiroidalnej.

LITERATURA

- Grajdek R. „Uzębienia czołowe. Podstawy teoretyczne kształtowania i nowe zastosowania”. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2000.
- Staniek R. „Stoły obrotowe sterowane numerycznie. Podstawy teoretyczne, konstrukcja, technologia i badania”. Poznań: Wyd. Politechniki Poznańskiej, 2005.
- Litvin F.L., Nava A., Fan Q., Fuentes A. „New geometry of worm gear drives with conical and cylindrical worm: generation, simulation of meshing, and stress analysis”. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. No. 191 (2002): pp. 3035÷3054.
- Frąckowiak P., Ptaszyński W., Stoić A. „New geometry and technology of face-gear forming with circle line of teeth on CNC milling machine”. *Metalurgia*. Vol. 01, No. 51 (2012): pp. 109÷112.
- Rejman E. „Trochoidalna jednomimośrodowa przekładnia kulkowa”. *Patent PL 174541*. Rzeszów 1996.
- Olszewski J., Netter K., Staniek R., Myszkowski A., Gessner A., Bartkowiak T. „Przekładnia spiroidalna toczone”. *Zgłoszenie patentowe P.411048*. Poznań 2015.
- Pabiszczak S. „Przekładnia toczone z łańcuchem”. *Zgłoszenie patentowe P.416638*. Poznań 2016.
- www.sankyo-seisakusho.co.jp/english/products/rollerdrive01.html (dostęp: 15.05.2016 r.).