

Piotr KRAWIEC

e-mail: piotr.krawiec@put.poznan.pl

Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Politechnika Poznańska, Poznań

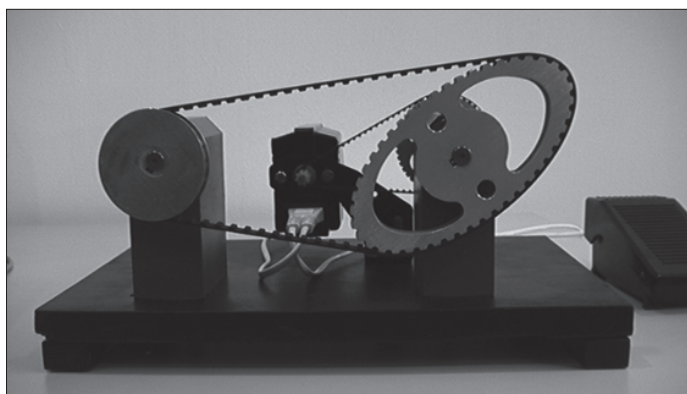
Możliwości zastosowania nierównobieźnej przekładni cięgnowej z pasem zębatym w budowie urządzeń dla przemysłu chemicznego

Wstęp

Rozwój nowych konstrukcji wymusza potrzebę zastępowania klasycznych generatorów ruchu postępowego, obrotowego lub wahadłowego dotąd nieznanymi lub niestosowanymi napędami. Szczególne znaczenie ma pojawienie się konstrukcji mechatronicznych będących zespoleniem napędów mechanicznych ze sterowaniem elektronicznym lub elektrycznym. W procesie projektowania elementów i urządzeń mechatronicznych niezwykle istotne jest właściwe określenie kryteriów jakości. Wśród podstawowych kryteriów projakościowych można wymienić wskaźniki dotyczące: dokładności wykonania (odchyłki kształtu i położenia), poprawności doboru materiału, oceny i wyboru rozwiązania konstrukcyjnego (metoda bilansowania cech pozytywnych i negatywnych), dobrego rozmieszczenia elementów, poprawności montażu, eksploatacji itd. Uzyskanie odpowiednich cech funkcjonalnych przy zachowaniu wymienionych kryteriów jakości wyłącznie dzięki zastosowaniu sterowania elektronicznego często nie wystarcza. Wtedy niezbędne jest wprowadzenie modyfikacji lub obmyślenie nowych cech kinematycznych napędów mechanicznych. Spełnienie tych nowych zadań generuje rozszerzenie zakresu prowadzonych prac badawczych. Dotyczy to zarówno ich cech funkcjonalnych i materiałowych. Jednym z napędów, które podlegają bardzo dynamicznemu rozwojowi są przekładnie cięgnowe z pasem zębatym. Dynamika wzrostu zastosowań przekładni cięgowych z pasem zębatym idzie zarówno w kierunku rozwoju konstrukcji pasów zębatych jak i powstawaniu nowych typów napędów powstałych przez skojarzenie przekładni zębatej z nieokrągłymi elementami zębatymi oraz przekładni cięgnowej z pasem synchronicznym [1–3]. Opracowanie konstrukcji tych nowych napędów możliwe jest dzięki zastosowaniu do ich projektowania i wytwarzania metod numerycznych.

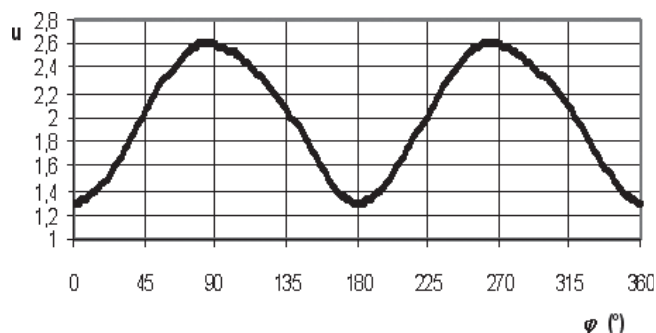
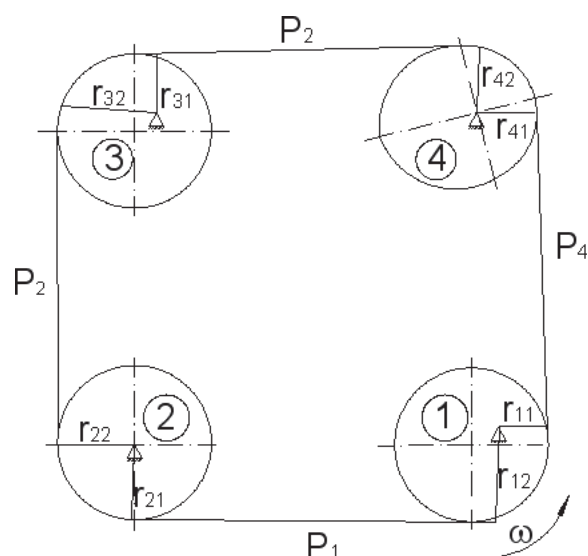
Nierównobieźne przekładnie cięgnowe z pasem zębatym

W wielu maszynach i urządzeniach istnieje potrzeba zastosowania przekładni umożliwiającej uzyskanie okresowo zmiennej prędkości wału biernego przy stałej prędkości wału czynnego. Praca prezentuje nowy – alternatywny napęd, a mianowicie nierównobieźną przekładnię cięgową z pasem zębatym (Rys. 1).

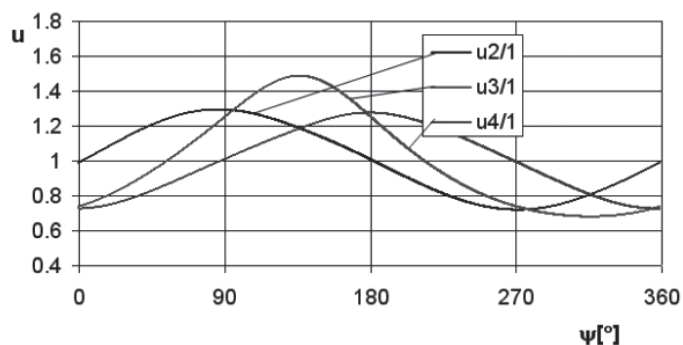


Rys. 1. Nierównobieźna przekładnia cięgnowa z tarczą mimośrodkową

Określony stopień nierównobieźności (Rys. 2) przekładni uzyskuje się poprzez zastosowanie w klasycznej przekładni pasowej, zębatych elementów obrotowych, których obwody wieńców mają zarys elipsy, owalu, tarcz nieokrągłych. Zastosowanie cięgien łańcuchowych w takich przekładniach jest już znane, natomiast zagadnienie zastosowań pasa zębatego w tych przekładniach jest do tej pory nierozpoznane. Przyczyną jest odmienna kinematyka i cechy sprzężenia pasa zębatego z kołem pasowym w stosunku do przekładni łańcuchowej. W przekładni łańcuchowej cięgno bierne może być luźne, natomiast w przekładni z pasem zębatym jest ono napięte. Musi tutaj być spełniony warunek równości długości cięgna z długością opasania przekładni. Inny wariant przekładni zilustrowano na rys. 3.

Rys. 2. Charakterystyka zmian przełożenia chwilowego, gdy element eliptyczny jest tarczą napędzającą gdzie: u – przełożenie przekładni, φ – kąt obrotu koła czynnegoRys. 3. Schemat nierównobieźnej przekładni cięgnowej czterotarczowej gdzie: ω – prędkość kątowna koła napędzającego, P_1 – P_4 przekładnie składowe przekładni wielotarczowej

Przedstawiono tam czterokołową przekładnię cięgową, której koła – 1 i 3 zamocowano mimośrodkowo, koło – 2 zamocowane jest centrycznie, natomiast zadaniem tarczy pasowej – 4 jest zapewnienie stałego naciągu cięgna podczas pracy przekładni. Charakterystykę poszczególnych przełożeń tej przekładni zilustrowano na rys. 4.



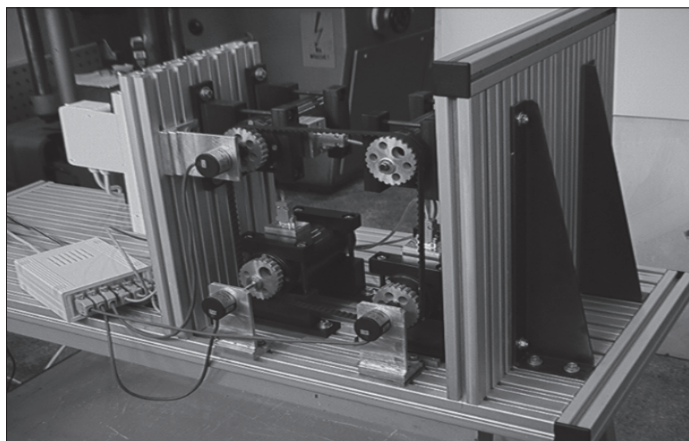
Rys. 4. Charakterystyka zmian przełożenia chwilowego przekładni czterotarczowej gdzie u – przełożenie przekładni, ψ – kąt obrotu elementu napędzającego

Aby zapewnić poprawne działanie przekładni nierównobieżnej jej cięgna bierne i czynne muszą być stale napięte odpowiednią siłą. Rozwiązania konstrukcyjne napięcia cięgien zależą od sposobu ich zabudowy w przekładni. Drugim warunkiem poprawnego działania przekładni nierównobieżnej jest zapewnienie obiegowości jej ruchu. Jest ona wymagana bezwzględnie podczas ruchu obrotowego napędzanych elementów maszyn i nie dotyczy np. ruchu wahadłowego. Obiegowość przekładni zapewniają tylko pasy zębate, które powinny charakteryzować się bardzo małym przyrostem odkształceń trwałych podczas eksploatacji. Jednocześnie cięgna przekładni wymagają wstępnego napięcia dla zabezpieczenia przed poślizgiem i ewentualnym przeskakiwaniem pasa na zębach kół. Obiegowość przekładni dwuelementowej wymusza przyjęcie odpowiedniej wartości średniego przełożenia 2:1, 1:2. Dla przekładni o średnim przełożeniu równym 2, jeżeli duże koło wykona jeden obrót, to mniejsze koło musi wykonać dwa pełne obroty i ponownie zająć położenie wyjściowe.

Obwody kół przekładni są iloczynami liczb całkowitych i podziałki pasa. Stąd też można określić średnie przełożenie przekładni jako stosunek obwodów kół lub stosunek liczby zębów.

Spełnienie warunku stałego napięcia cięgna oraz obiegowości przekładni stało się podstawą do poszukiwania rozwiązań konstrukcyjnych przekładni nierównobieżnych z pasem zębatym. Ważnym zagadnieniem podczas doboru cech geometrycznych przekładni jest obliczenie odległości między osiami wałów, na których są osadzone koła pasowe. W przekładni z dwoma kołami, odległość międzyosiową można dobrać skokowo (ze względu na podziałkę pasa zębatego).

Istotny problem w procesie poprawnego wykonania zarówno klasycznych jak nierównobieżnych przekładni cięgowych ma uzyskanie dokładności wykonania w zakresie cech geometrycznych i geometrii powierzchni [4]. Z uwagi na innowacyjność proponowanego rozwiązania niezbędne stało się zaprojektowanie i wykonanie stanowisk badawczych mających na celu weryfikację zaprojektowanych cech geometrycznych, kinematycznych oraz materiałowych przekładni nierównobieżnych (Rys. 5).

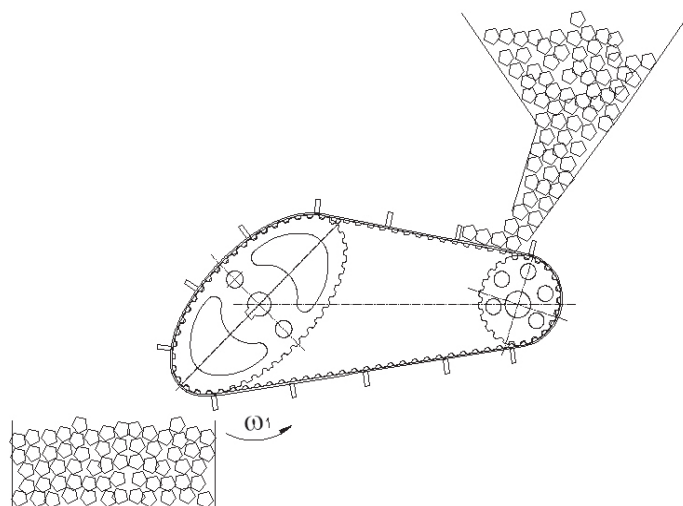


Rys. 5. Nierównobieżna przekładnia cięgnowa czteroelementowa

Możliwości zastosowania nierównobieżnych przekładni cięgowych z pasem zębatym

Napędy z nierównobieżną przekładnią cięgową mogą być umieszczone w dowolnym ogniwie łańcucha kinematycznego maszyn i urządzeń. Uzyskuje się przez to możliwość szerszego zakresu zmian prędkości w konwencjonalnych przekładniach mechanicznych jak np: przedłużenie okresu postoju w przekładniach krokowych lub osiągnięcie fazy stałej prędkości w mechanizmach korbowo-tłokowych lub krzyżowo-korbowo-tłokowych. Nierównobieżne przekładnie pasowe z pasem zębatym mogą znaleźć zastosowanie do napędu różnych układów roboczych, wymagających cyklicznie zmiennych prędkości ruchu. Możliwe jest ich zastosowanie w mechanizmach związanych z techniką podawania i odbioru elementów lub wyrobów wytwarzanych w systemie automatycznym, liniach montażowych, transportowych jak np: napędy urządzeń do automatycznego pakowania, napędy podajników w automatycznych liniach montażowych, napędy mechanizmów roboczych maszyn włókienniczych, drukarskich.

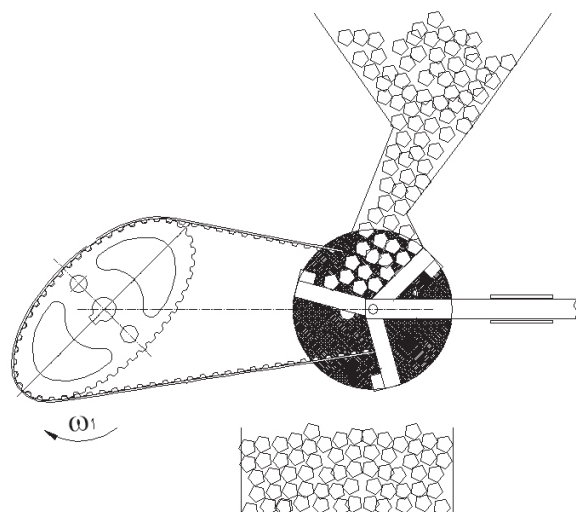
Przekładnie takie mogą znaleźć znaczące zastosowanie w budowie urządzeń dla przemysłu chemicznego. Na rys. 6 zilustrowano przenośnik cięgowy przeznaczony do transportu materiałów sypkich.



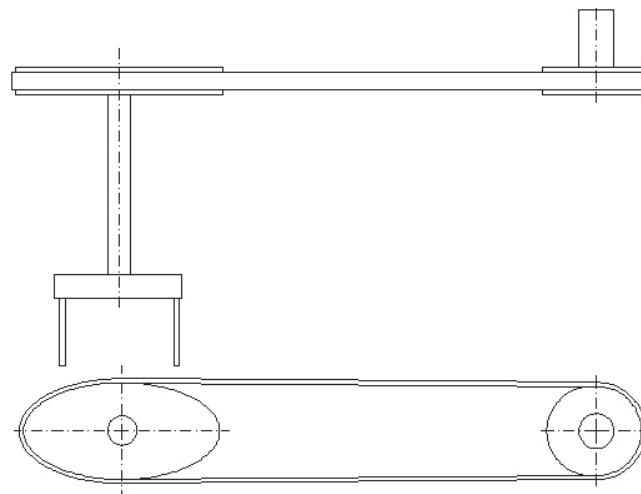
Rys. 6. Nierównobieżna przekładnia cięgnowa wykorzystana do transportu materiałów sypkich

Dzięki zastosowaniu przekładni nierównobieżnej możliwe jest równomierne napełnianie pojemnika i uniknięcie potrzeby zastosowania zgarniacza lub dodatkowego napędu platformy, na której znajduje się napełniany pojemnik. Przekładnia nierównobieżna z pasem zębatym może znaleźć zastosowanie w napędach urządzeń do odmierzania określonej objętości lub masy granulatu (Rys. 7). Na kolejnym rys. 8 zilustrowano zastosowanie przekładni nierównobieżnej do napędu dozownika klatkowego. Zaletą tego rozwiązania jest jego wykorzystanie zarówno w procesie podawania, dozowania jak i sterowania ruchem zasuw urządzeń technologicznych. Jednym z wielu zastosowań napędów cięgowych jest sterowanie procesem mieszania. Proces ten polega na wzajemnym przemieszczaniu ziaren mieszanych składników tak, aby uzyskać równomierny ich rozkład [5]. Niekiedy cechy materiału poddawane temu procesowi wymagają zastosowania do sterowania napędem organów wykonawczych urządzeń sterowanych elektronicznie np. napędu silnikami krokowymi. Jednak z uwagi na charakter środowiska w którym pracuje urządzenie (zanieczyszczenia, pyły) niezbędne jest poszukiwanie alternatywnych napędów mechanicznych. Przykład taki pokazano na rys. 9.

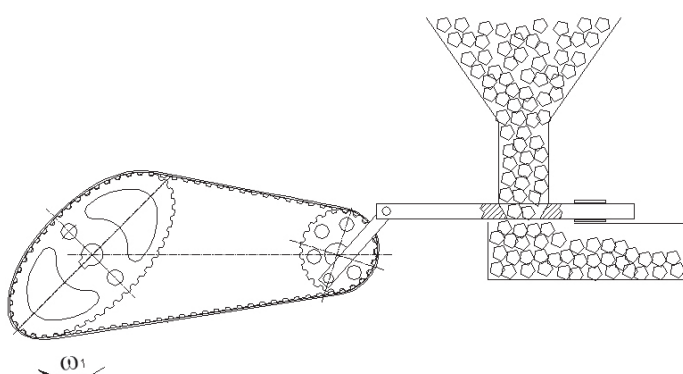
Naturalnym kierunkiem zastosowań przekładni nierównobieżnych jest budowa separatorów i przesiewaczy. Szczególnie przydatne będą zmienne cech kinematyki i dynamiki przekładni w konstrukcji prze-



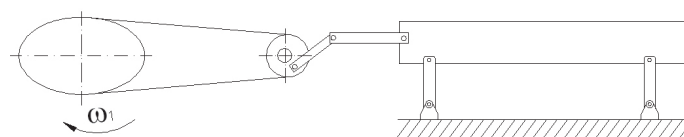
Rys. 7. Nierównobieżna przekładnia cieżgnowa wykorzystana do odmierzania objętości lub masy granulatów



Rys. 9. Nierównobieżna przekładnia cieżgnowa wykorzystana w procesie mieszania



Rys. 8. Nierównobieżna przekładnia cieżgnowa zastosowana do napędu dozownika klatkowego



Rys. 10. Nierównobieżna przekładnia zastosowana w budowie przesiewacza

siewaczy wahliwych, wstrząsowych oraz wibracyjnych. Ideę procesu przesiewania z zastosowaniem nierównobieżnej przekładni cieżgnowej przedstawiono na rys. 10.

Zaletą zastosowania nierównobieżnych przekładni cieżgnowych jest zapewnienie stałości realizacji zaprojektowanych cech kinematycznych, niezawodność pracy oraz cichobieżność. Zaprojektowanie przekładni dzięki zastosowaniu numerycznych obliczeń jest stosunkowo proste. Wykorzystanie do ich budowy elementów znormalizowanych oraz typowych znacznie obniża koszty wykonania przekładni. Coraz powszechniejsze zastosowanie maszyn sterowanych numerycznie (frezarki, wycinarki drutowe, wycinarki laserowe) w procesach wytwórczych zapewnia możliwość kształtowania dowolnych zarysów obwiedni kół pasowych [6].

Wnioski

Przytoczone przykłady zaprojektowanych i wykonanych przekładni wskazują, że mogą one być stosowane szczególnie w tych maszynach i urządzeniach, gdzie niezbędne jest zachowanie powtarzalności cech kinematycznych przekładni w powiązaniu z pracą w środowisku, w którym zastosowanie napędów np. z silnikami krokowymi nie spełni swego zadania. Wśród urządzeń, gdzie wskazane byłoby zastosowanie przekładni nierównobieżnych znaczącą pozycję zajmują urządzenia stosowane w przemyśle chemicznym. Urządzeniami, w których możliwa jest szybka adaptacja takich przekładni są między innymi: przenośniki, dozowniki, podajniki, mieszalniki i przesiewacze. Ważne zagadnienie w popularyzacji tych nowych napędów stanowi opracowanie dokładnych i tanich metod wytwarzania nieokrągłych elementów zębatych.

LITERATURA

- [1] M. Dudziak: Przekładnie cieżgnowe. PWN, Warszawa 1997.
- [2] P. Krawiec: Przegląd Mechaniczny nr 4, 25 (2005).
- [3] G. Domek, P. Krawiec: Mechanik **80**, nr 8, 684 (2007).
- [4] P. Krawiec: Pomiary Automatyka Kontrola **55**, nr 6, 364 (2009).
- [5] J. Warych: Aparatura chemiczna i procesowa. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej 2004.
- [6] P. Krawiec: Visnik Nacionalnogo Universitetu Lvivska Politehnika 651, (2009).