

I Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie prototypowanie
 Modelowanie - Wytwarzanie - Pomiary
 Rzeszów - Pstrągowa, 16 - 18 września 2015



Organizatorzy:



CENTRUM NAUKOWO TECHNICZNE

KLASTER SZYBKIEGO PROTOTYPOWANIA
RAPIDROM

Eksperymentalne wyznaczanie śladu styku w przekładni zębatej dwudrożnej z tworzyw polimerowych z wykorzystaniem technik RP

The determination of the contact area in the dual-path gear, made with the polymer and with usage of the RP techniques

BOGDAN KOZIK
 MARIUSZ SOBOLAK
 PATRYCJA EWA JAGIEŁOWICZ *

DOI:10.17814/mechanik.2015.12.568

W artykule przedstawiono metodę określania śladu styku w przekładni zębatej dwudrożnej wykonanej z tworzyw polimerowych. Koła wykonane techniką RP zostały obciążone statycznie na stanowisku badawczym. Do wyznaczenia śladu styku wykorzystano metodę zamrażania odkształceń z odwzorowaniem w silikonie przestrzeni współpracy zębów. Przedstawiono metodę pomiaru śladu styku z wykorzystaniem skanera 2D.

SŁOWA KLUCZOWE: koła zębate z tworzyw polimerowych, przekładnia dwudrożna.

The determining method of the contact area in the toothed dual-path gear, made with the polymer, was presented. The gear wheels were made with the stereolithography technique and statically loaded. The method of stain freezing was the way to determine the contact area. The cooperation space has been mapped in the silicone. The method of the contact area measurement, with usage of the 2D scanner, was presented.

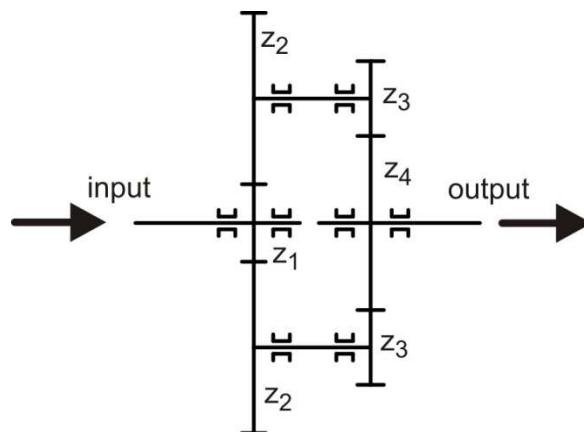
KEYWORDS: plastic toothed gears, two-path gear.

1. Wprowadzenie

W przekładni dwudrożnej moc przekazywana jest dwiema równoległymi drogami. Z uwagi na luzy i niedokładność wykonania przekładni moc przekazywana jest dwoma drogami nierównomiernie. Powoduje to konieczność wykonania kół zębatych o większym module co z kolei jest przyczyną

zwiększenia gabarytów i masy przekładni.

W przypadku projektowania przekładni zębatych, zwłaszcza stosowanych w lotnictwie, dąży się do ograniczenia ich masy. Przekładnie dwudrożne pozwalają na zmniejszenie masy przekładni, ponieważ moc z zębniaka przekazywana jest symultanicznie na dwa koła – rozdzielana na dwie drogi (rys. 1). W zębniku występują zatem dwa obszary współpracy, w których moc odbierana jest przez dwa bliźniacze koła. Dlatego też moduł koła – a wprost z niego wynikają gabaryty koła – może być mniejszy. Niestety, ze względu na niedokładności wykonania nie tylko kół zębatych, ale całej przekładni oraz różne fazy zazębienia moc nie jest rozdzielana w pożądanym stosunku po 50% na obydwie drogi.



Rys. 1. Przekładnia dwudrożna – schemat w rozwinięciu; input - wejście, output - wyjście; z1, z2, z3, z4 – liczby zębów kół przekładni

* Dr inż. Bogdan Kozik (bogkozik@prz.edu.pl), dr hab. inż. Mariusz Sobolak (msobolak@prz.edu.pl), dr inż. Patrycja Ewa Jagiełowicz (pejagielowicz@prz.edu.pl)

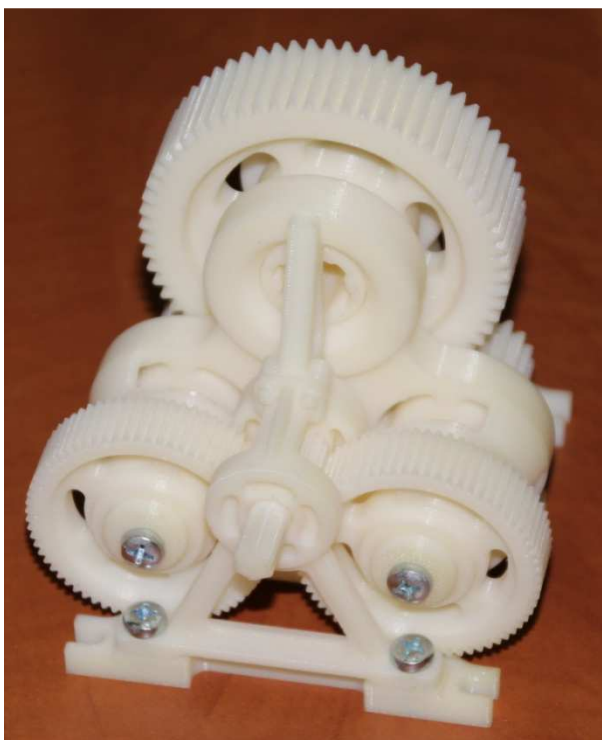
Jednym z ważniejszych wyznaczników poprawności konstrukcji przekładni zębatej jest ślad styku występujący między zębami kół w przekładni. Jego kształt, wielkość oraz zmiany w trakcie obrotu kół pozwalają na wyciągnięcie wniosków co do nośności przekładni i poprawności jej pracy.

W artykule przedstawiono metodę pośredniego wyznaczenia chwilowego śladu styku w przekładni z zastosowaniem technik szybkiego wytwarzania. Koła przekładni zostały wykonane technikami RP, ale do wyznaczenia śladu styku również użyto jednej z technik RP. Ślad styku utrwalany jest w silikonie stosowanym w technikach odlewania próżniowego.

2. Wyznaczanie śladu styku metodą pośrednią

Ślad styku w przekładni wyznaczono metodą pośrednią. Polega ona na zalaniu silikonem pojemnika z odkształconą pod wpływem statycznego obciążenia przekładnią. Dzięki temu odkształcenia obciążonego modelu zostają utrwalone, a tym samym obszar współpracy zostaje zachowany w silikonie w kształcie takim, jaki występował przy obciążeniu przekładni, w tym oczywiście odwzorowany zostaje ślad styku.

Model badawczy wytworzony został techniką FDM (rys. 2) [2, 4]. Umieszcza się go w pojemniku łatwym do demontażu – na przykład składanej skrzynce, a następnie obciąża statycznym momentem skręcającym.



Rys. 2. Model przekładni dwudrożnej wykonany techniką FDM

Na rysunku 3 pokazano przykładowe stanowisko badawcze. Przekładnia znajduje się w specjalnej skrzynce wykonanej z przezroczystego materiału. Do właściwego położenia kąтового przekładnia ustawiana jest za pomocą silnika krokowego. Po ustawieniu przekładni wał wyjściowy zostaje zablokowany z użyciem hamulca proszkowego. Na wale wejściowym znajduje się dźwignia wraz z ciężarkiem obciążającym. Wartość momentu obciążającego przekładnię odczytywana jest za pomocą momentomierza umieszczonego na wale wyjściowym. Moment można regulować poprzez zmianę położenia obciążnika na dźwigni.



Rys. 3. Stanowisko badawcze: obciążona statycznie i zalana silikonem przekładnia

Do utrwalenia odkształceń niezbędny jest silikon. Silikon należy wymieszać w odpowiedniej proporcji z utwardzaczem i odgazować w urządzeniu próżniowym w celu usunięcia rozpuszczonych w tej mieszance gazów. Odgazowaniu towarzyszy efekt pianki – następuje gwałtowne pienienie się silikonu na skutek uwalniania się w niskim ciśnieniu pęcherzów gazu. Do badań wykorzystano silikon z utwardzaczem MM 240VT A+B. Po ustabilizowaniu się mieszanki wlewa się ją do pojemnika, w którym znajduje się przekładnia.

Z uwagi na gabaryty stanowiska zalewanie przekładni prowadzi się przy ciśnieniu atmosferycznym. Zastosowanie silikonu o długim czasie polimeryzacji umożliwia dokładne wypełnienie silikonem formy. Wadą zalewania przy ciśnieniu atmosferycznym jest możliwość powstania pęcherzy i niedolania. Silikon wypełniający formę utwardza się przez dobę. Koła są w stanie odkształconym, dlatego zastygający silikon odzwierciedla pustą przestrzeń w obszarze zazębienia. Sposób pośredni obserwowania śladu styku polega na wykorzystaniu techniki odlewania próżniowego Vacuum Casting z utrwaleniem śladu styku w silikonie.

Odlewanie próżniowe zostało wybrane do badań dzięki takim zaletom jak [3, 5]:

- pamięć kształtu – forma pomimo elastyczności zachowuje kształt,
- dowolny podział formy,
- wykonywanie skomplikowanych odlewów,
- łatwość usunięcia modelu z formy,
- bardzo dobre wypełnienie formy,
- wysoka dokładność.

Po zastygnięciu silikonu demontuje się pojemnik, a silikon rozcina w taki sposób, by go nie uszkodzić w obszarze między zębami kół. Silikon jest elastyczny, dzięki czemu otwiera wewnętrzną strukturę. Nie przywiera do modeli, dlatego łatwo można go usunąć z obszaru zazębienia. Ponadto nie łączy się chemicznie z modelami ani formą. Silikon po odkształceniu powraca do utrwalonego w pojemniku kształtu.

W miejscu, w którym występował chwilowy ślad styku, pozostaje w silikonie otwór odwzorowujący chwilowy ślad styku o kształcie i wielkości zależnej od wartości obciążenia statycznego (rys. 4). Otrzymany kształt jest odzwierciedleniem chwilowego śladu styku powstałego między współpracującymi zębami. Miejsce położenia oraz wielkość śladu styku umożliwi wysunięcie wniosków dotyczących poprawności usytuowania kół względem siebie, a tym samym określenie wpływu dokładności montażu na ślad styku.

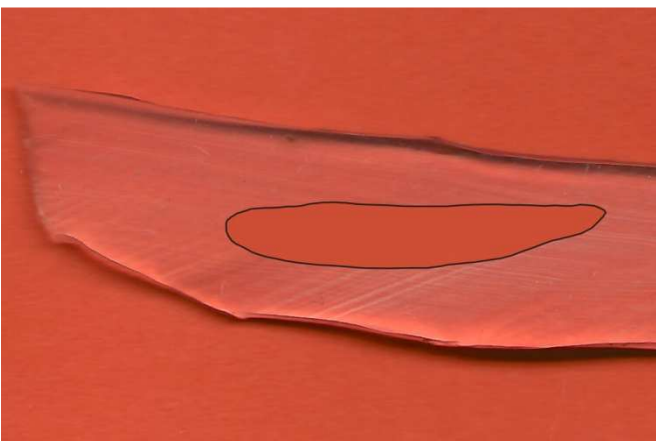


Rys. 4. Ślad styku otrzymany w silikonie

Otrzymany w silikonie otwór obrazuje chwilowy ślad styku w badanej przekładni.

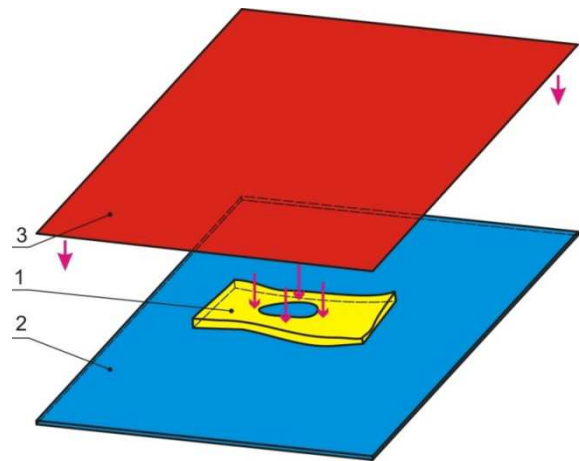
4. Pomiar śladu styku skanerem 2d

Do zmierzenia otrzymanych śladów styku można wykorzystać skaner 3D lub 2D. Z uwagi na przezroczystość silikonu, w przypadku użycia skanera 3D, silikon należy pokryć barwnikiem odbijającym światło. Otrzymane w silikonie ślady styku są strukturami typu płatkowego (rys. 5), dlatego można określić ich powierzchnię w sposób przybliżony, wystarczająco dokładny do zastosowań porównawczych, z użyciem skanera dwuwymiarowego (rys. 6). W tym celu wycięty fragment silikonu (1), zawierający ślad styku w postaci otworu, kładzie się na szybę (2) skanera 2D. Silikon w okolicy otworu powinien przylegać do szyby. Nieznaczne odkształcenia trójwymiarowej geometrii płatka silikonu w okolicy otworu wprowadzają niewielki błąd do pomiaru, akceptowalny z technicznego punktu widzenia. Standardowo w skanerze jest białe tło, silikon jest mleczno-przezroczysty, dlatego w celu zwiększenia kontrastu nad silikonem należy umieścić kolorowe tło (3). Skanowanie prowadzono przy rozdzielczości skanera 1200 dpi.



Rys. 5. Ślad styku dla rozważanej przekładni

Zeskanowany obraz można poddać dalszej obróbce numerycznej, przykładowo w środowisku umożliwiającym pomiar pola powierzchni.



Rys. 6. Schemat przygotowania wycinka silikonu do skanowania

5. Wnioski

Wyznaczenie śladu styku w prototypie przekładni z tworzywa polimerowego pozwala na ocenę poprawności konstrukcji oraz technologii jeszcze przed wykonaniem przekładni użytkowej. Eksperymentalne określenie śladu styku jest szczególnie istotne w przypadku skomplikowanych przekładni – nie pojawia się konieczność wykonywania ich prototypów tradycyjnymi metodami. Sprawdzenie śladu styku można przeprowadzić przed rozpoczęciem produkcji na prototypach – modelach lub w trakcie montażu. Przedstawiona w artykule metoda pośrednia wyznaczania śladu styku – metoda utrwalenia śladu styku w silikonie – może być wykorzystana do wyznaczenia chwilowego śladu styku nie tylko w prototypie, ale także w przekładni wykonanej z metalu. Metoda ta pozwala ocenić poprawność konstrukcji i montażu. Dowolna, nawet już pracująca przekładnia może zostać „skopiowana” techniką odlewania próżniowego i przebadana na zasadzie podobieństwa modelowego z wykorzystaniem utrwalania śladu styku w silikonie. Stanowisko badawcze wykorzystane w badaniach umożliwiło poprzez odpowiednie umieszczanie kół względem siebie, sprawdzenie śladu styku przy różnych błędach montażowych przekładni.

Podziękowanie

Badania realizowane w ramach Projektu "Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym", Nr POIG.01.01.02-00-015/08-00 w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (PO IG). Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

LITERATURA

1. Budzik G., Sobolak M., Borawska P. E. „Wybrane aspekty dokładności stereolitografii”. *Acta Mechanica Slovaca*, 3-A (2008), s. 417-422.
2. Budzik G., Sobolak M., Kozik B., Sobolewski B. „A demonstrative prototype of aeronautical dual-powerpath gear unit”. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, Vol.18, No.4 (2011), s. 41-46.
3. Budzik G. „Synteza i analiza metod projektowania i wytwarzania prototypów elementów o skomplikowanych kształtach na przykładzie wirników turbosprężarek”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2007.
4. Markowski T., Budzik G., Kozik B., Dziubek T., Sobolewski B. „Modelowanie 3D-CAD i szybkie prototypowanie prezentera przekładni planetarnej”. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Transport z.83*. Gliwice 2014.
5. Sobolak M., Jagielowicz P. E. „Wyznaczenie śladu styku w przekładni wchrowatej pod obciążeniem metodą zamrażania odkształceń”. *Przegląd Mechaniczny*, t. 11/10 (2010), s. 24-27.