

XVI Konferencja Naukowo-Techniczna

TK12022

TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

18–21 października 2022

Badanie sztywności łożyska drutowego z pierścieniami wykonanymi za pomocą technologii druku 3D

Dominik Gunia¹, Tadeusz Smolnicki¹, Mariusz Stańco¹

¹Katedra Konstrukcji Badań Maszyn i Pojazdów, Politechnika Wrocławska
email: dominik.gunia@pwr.edu.pl, tadeusz.smolnicki@pwr.edu.pl, mariusz.stanco@pwr.edu.pl

STRESZCZENIE: Łożyska drutowe są podgrupą łożysk wieńcowych, których popularność wrosta w ostatnich latach. Do ich zalet należy możliwość przenoszenia obciążeń charakterystycznych dla łożysk wieńcowych (obciążenie osiowe, obciążenie promieniowe oraz moment wywrotny), przy jednoczesnym ograniczeniu masy łożyska, wynikającym z zastosowania aluminium jako materiału na pierścienie łożyska. W niniejszej pracy postanowiono stworzyć prototyp łożyska drutowego z pierścieniami wykonanymi z PLA za pomocą druku 3D. Postanowiono zbadać zachowanie takiego łożyska, a następnie za pomocą modelu numerycznego łożyska zbadać wpływ użytego materiału na dystrybucję obciążenia i zachowanie elementów tocznych.

SŁOWA KLUCZOWE: łożyska drutowe, łożyska wieńcowe, sztywność łożyska, druk 3D

1. Zakres pracy

Celem pracy jest zbadanie sztywności łożyska drutowego z pierścieniami wykonanymi z PLA za pomocą metody druku 3D. Zastosowanie tej metody pozwala na łatwe wytwarzanie pierścieni, a sam materiał ma dwukrotnie mniejszą gęstość niż stosowane stopy aluminium, co przełoży się na niższą masę łożyska. W przypadku łożysk drutowych, pierścienie pełnią funkcję obudowy, natomiast funkcję bieżni przejmują druty, które są umieszczone w pierścieniach. Gotowe zestawy elementów tocznych i drutów są dostępne na rynku, natomiast pierścienie zostały wyprodukowane, tak aby dopasować je do użytego zestawu drutów i pierścieni. Zastosowana metoda likwiduje konieczność stosowania czasochłonnej przeróbki plastycznej i ubytkowej, tym samym obniża koszty wytworzenia pierścieni łożysk.

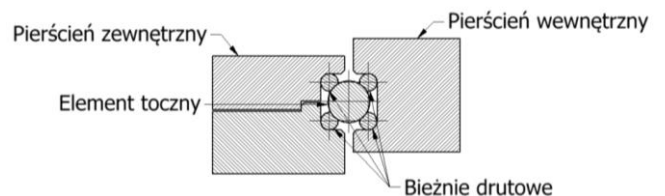
Literatura dotycząca łożysk drutowych nie jest zbyt bogata, aczkolwiek w wielu kwestiach można się posilkować

Zdecydowano się na użycie zestawu firmy Franke GmbH o oznaczeniu LEL4-0200. Powstałe łożysko to łożysko drutowe czteropunktowe, z kulkami jako elementami tocznymi.

Powstałe łożysko jest zdolne do przenoszenia obciążeń promieniowych, osiowych oraz momentu wywrotnego, a waga gotowego łożyska wynosiła 1,5 kg.

Zdecydowano się na zbadanie sztywności wzdłużnej łożyska, a następnie korelację wyników z modelem numerycznym łożyska i wyznaczenie zmiany kąta działania elementów tocznych. Przykład przekroju łożyska drutowego wraz z opisem poszczególnych elementów został przedstawiony na rys. 1.

Zdecydowano się na zastosowanie PLA ze względu na jego popularność i dostępność.



Rys. 1. Przekrój łożyska drutowego

2. Metodologia badań

Gotowe łożysko zostało zamocowane na maszynie wytrzymałościowej MTS poprzez specjalny uchwyt. Na maszynie były mierzone przemieszczenie i siła. Dane łożyska zostały przedstawione w tab. 1. Dodatkowo stworzono model zastępczy łożyska. W modelu zastępczym pary element toczny-bieżnia drutowe zostały zastąpione przez elementy sprężyste o nieliniowej charakterystyce odpowiadającej sztywności układu kula-drut oraz sztywnych elementów belkowych. Pierścienie zostały zamodelowane poprzez elementy objętościowe.

Tabela 1. Dane badanego łożyska

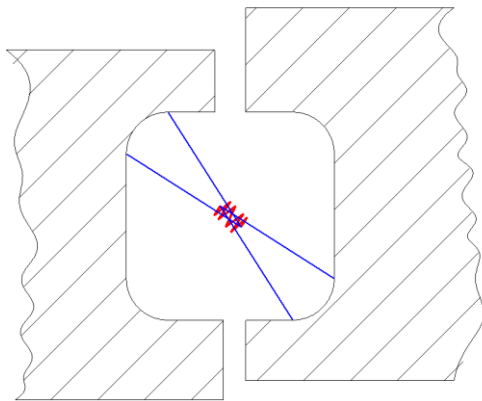
Średnica podziałowa łożyska [mm]	Ilość elementów tocznych	Średnica elementu tocznego [mm]	Średnica drutu [mm]	Współczynnik przystawiania
Φ	n	d	λ	s
200	42	9,525	4	0,96

Dane materiałowe poszczególnych elementów, które zostały użyte w symulacji numerycznej zostały przedstawione w tab. 2.

Tabela 2. Dane materiałowe

Element	Materiał	E [GPa]	ν [-]
Kulka	100Cr6	200	0,3
Drut	54SiCr6	200	0,3
Pierścień	PLA	3,3	0,35

Schemat ideowy modelu zastępczego został pokazany na rys. 2. Każdy styk kula-drut został zastąpiony przez nieliniowy element sprężysty oraz elementy belkowe. W przypadku elementów belkowych, należy je połączyć z pierścieniami zachowując podziałkę elementów tocznych

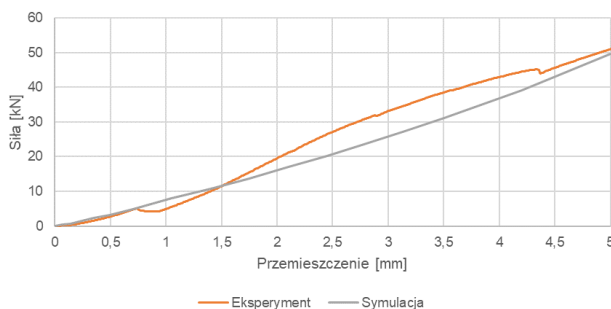


Rys. 2. Schemat ideowy modelu zastępczego łożyska drutowego (kolor czerwony- elementy sprężyste, kolor niebieski- elementy belkowe sztywne) przedstawiony dla 2 styków

Wykorzystując model zastępczy możliwe jest odwzorowanie eksperymentu, a następnie dokonanie korelacji wyników poprzez zmianę parametrów, takich jak: pole styku elementów belkowych lub sztywność zamocowania.

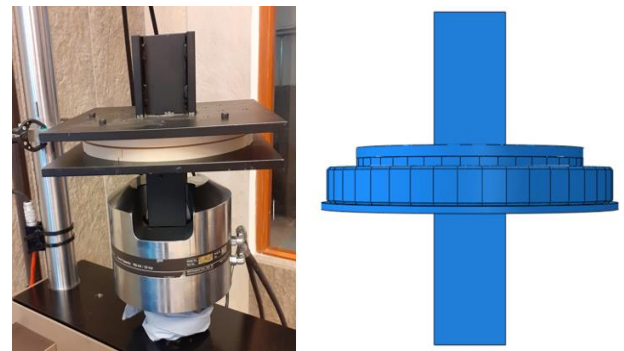
3. Wyniki

Wyniki eksperymentu przedstawiono na rysunku 3 wraz z wynikami modelu zastępczego. Model zastępczy poprawnie odwzorował charakterystykę sztywności. Maksymalna siła wyniosła 50 kN, jednak czynnikiem ograniczającym jest znaczne odkształcenie układu, wynoszące 5 mm.



Rys. 3. Porównanie wyników dla próby ściskania łożyska drutowego z modelem zastępczego

Należy uznać, że maksymalna nośność łożyska wykonanego za pomocą druku 3D z PLA wynosi 5 kN, a odkształcenie układu pomiarowego dla tej wartości wynosi 0,7 mm. Prototyp łożyska oraz model użyty do symulacji numerycznej został przedstawiony na rys. 4.



Rys. 4. Prototyp łożyska z pierścieniami wykonanymi z PLA (po lewej) oraz model użyty do analizy numerycznej (po prawej)

4. Podsumowanie

Wykazano, że możliwe jest wykorzystanie metod przyrostowych do zbudowania łożyska drutowego oraz udowodniono przydatność modelu zastępczego poprzez korelację z eksperymentem. Zastosowanie tworzyw sztucznych prowadzi do znacznej redukcji wagi łożyska.

Elementami nowatorskimi są wykorzystanie druku 3D do budowy łożyska wieńcowego drutowego, co pozwala na ograniczenie masy elementu. Dodatkowo stworzono i zweryfikowany model zastępczy łożyska zbudowany z wykorzystaniem elementów belkowych oraz sprężystych do zastąpienia styków kula-drut.

Najważniejsze wnioski przedstawiono poniżej:

- 1) łożysko drutowe z drukowanymi pierścieniami posiada mniejszą nośność i sztywność w porównaniu do pierścieni metalowych,
- 2) w celu poprawy nośności łożyska konieczne jest zwiększenie sztywności pierścieni. Można to osiągnąć poprzez zastosowanie materiału o wyższym module Younga, co będzie dalszym etapem badań,
- 3) model zastępczy umożliwia uwzględnienie sztywności podpór oraz sprawdzenie kąta działania elementów tocznych. W przypadku pierścieni wykonanych z PLA zmiana kąta działania jest większa niż dla pierścieni wykonanych z aluminium, przez co konieczne może być zastosowanie odmiennego profilu drutu.

Literatura

- [1] Franke, Technical information on wire race bearings, 2020.
- [2] T. Smolnicki, Wielkogabarytowe toczne węzły obrotowe: zagadnienia globalne i lokalne, Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2013.
- [3] L. Kania, M. Krynke i E. Mazanek, „A catalogue capacity of slewing bearings,” Mechanism and Machine Theory, nr 58, pp. 29-45, 2012.
- [4] S. Glodez, R. Potocnik i J. Flaker, „Computational model for calculation of static capacity and lifetime of large slewing bearing's raceway,” Mechanism and Machine Theory, nr 47, pp. 16-30, 2012.
- [5] I. Martin, I. Heras, I. Coria, M. Abasolo i J. Aguirrebeitia, „Structural modeling of crossed roller wire race bearings: Analytical submodel for the roller-wire-ring set,” Tribology International, nr 151, 2020.
- [6] I. Martin, I. Heras, J. Aguirrebeitia i L. M. Macareno, „Influence of the geometrical design on ball and crossed roller wire race bearing behaviour under axial load,” Tribology International, nr 156, 2021.