

# WSPÓLCZYNNIK KROTNOŚCI ŁOŻYSK WIĘNCOWYCH PODWÓJNYCH

Ludwik KANIA\*, Szczepan ŚPIEWAK\*

\* Instytut Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, Politechnika Częstochowska, ul. Dąbrowskiego 69, 42-201 Częstochowa

[ludwik@imipkm.pcz.czest.pl](mailto:ludwik@imipkm.pcz.czest.pl), [szczepan\\_spiewak@poczta.onet.pl](mailto:szczepan_spiewak@poczta.onet.pl)

**Streszczenie:** W artykule zaprezentowano zagadnienie współczynnika krotności łożysk wieńcowych podwójnych. Współczynnik ten jest używany do analitycznego wyznaczania charakterystyk nośności statycznej łożysk wieńcowych podwójnych w oparciu o charakterystyki łożysk wieńcowych jednorzędowych o podobnych parametrach. Wyznaczono charakterystyki nośności statycznej modelowanych łożysk i określono dla nich wartości współczynnika krotności. Przytoczone wyniki obliczeń uzyskano na drodze numerycznej.

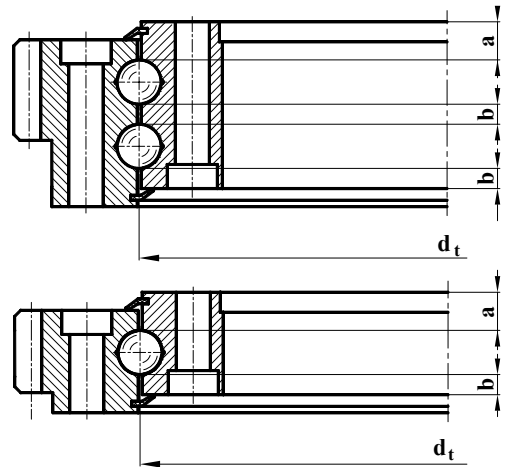
## 1. WSTĘP

Łożyska wieńcowe stanowią specyficzną grupę łożysk stosowanych w budowie maszyn roboczych. Podstawowymi cechami, jakie przykładowo podano w pracy Mazanka (2005) odróżniającymi je od innych typów łożysk, są: duże wartości średnic tocznych  $d_t$  (dochodzące do kilku metrów), odmienny system mocowania ich pierścieni do korpusów i głowic (najczęściej za pomocą śrub mocujących rozmieszczonych na obwodach pierścieni), statyczny charakter pracy (najczęściej pracują jako wolnoobrotowe przy prędkościach obrotowych nieprzekraczających kilku obrotów na minutę), specyfika obciążenia (duże wartości sił osiowych  $Q$ , promieniowych  $H$  i swoistego momentu wywrotnego  $M$  przyłożonego do głowicy), duża liczba części tocznych (dochodząca nawet do kilkuset).

Dobór łożysk wieńcowych, zwłaszcza w początkowej fazie projektowania, przeprowadzany jest w oparciu o ich charakterystyki nośności statycznej przedstawiane w katalogach, jako zależność przeniesionego momentu wywrotnego  $M$  od siły osiowej  $Q$  dla założonej wartości siły promieniowej  $H$ . Wyznaczenie tych charakterystyk określających przydatność łożyska jest zatem jednym z ważniejszych etapów projektowania. Z wymienionych wyżej cech konstrukcyjno-eksploatacyjnych łożysk wieńcowych wynika konieczność opracowania odrębnych metod obliczania nośności statycznej tych łożysk. Nośność katalogową łożysk wieńcowych oblicza się głównie za pomocą metod analitycznych, w których przyjmowany jest szereg uproszczeń, najważniejsze z nich to założenie o nieodkształcalności pierścieni łożyska. Metodyka takich obliczeń jest dość szeroko omówiona w dostępnej literaturze, (np. Mazanek, 2005), dotyczy to przede wszystkim łożysk, w których w danej chwili, w jednym węzle tocznym pracuje jedna para bieżni.

Niniejszy referat poświęcony jest innemu rodzajowi łożysk, w których tych par jest więcej, przykładem takiego łożyska jest łożysko wieńcowe podwójne o styku 8-punktowym (rysunek 1). Producenci, zarówno krajowi

jak i zagraniczni, z reguły w swych katalogach nie zamieszczają charakterystyk nośności takich łożysk, które z uwagi na wysoką nośność używane są w nietypowych zastosowaniach, często wykonywane są na specjalne zamówienia odbiorców.



**Rys. 1.** Charakterystyczne wymiary wysokości pierścieni modelowanych łożysk tocznych wieńcowych: podwójnego (rys. górny) i jednorzędowego (rys. dolny)

W ogólnodostępnej literaturze zauważa się pewien niedobór informacji na temat obliczania łożysk podwójnych. Wspomniane analityczne metody wyznaczania nośności statycznej łożysk są w obliczeniach nośności łożysk podwójnych nieprzydatne, ponieważ z punktu widzenia mechaniki łożyska takie są statycznie niewyznaczalne. W pracy Kani i innych (2009), zaprezentowano szczegółowo problematykę obliczania nośności statycznej tych łożysk. W sposób numeryczny określono poszukiwane zależności dopuszczalnych obciążeń dla przykładowo wybranego łożyska. Wzorując się na zaprezentowanym rozkładzie obciążenia wewnętrznego elementów tocznych można

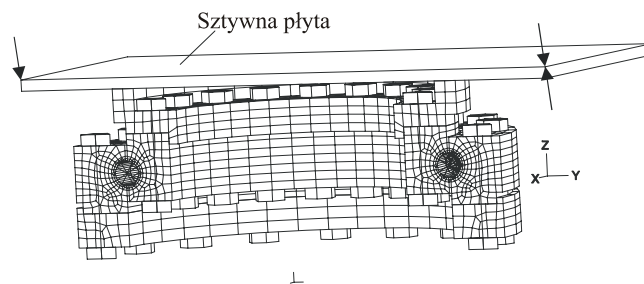
postawić pytanie, czy nie prościej jest wyznaczyć poszukiwaną nośność statyczną łożyska podwójnego, jeżeli znana jest nośność statyczna łożyska pojedynczego wykazującego pewne geometrycznie podobieństwo, jak przedstawiono na rysunku 1, przy uwzględnieniu takiego samego stanu warstwy wierzchniej. Przy takim rozwiązaniu zagadnienia przydatny może okazać się sposób zaprezentowany w artykule Mazanka (2004), w którym obliczenia wykonano stosując tzw. współczynnik krotności łożyska podwójnego, tj. stosunek nośności łożyska podwójnego do łożyska jednorzędowego, którego nośność obliczano metodami analitycznymi (przy wspomnianych powyżej uproszczeniach). Współczynnik krotności w cytowanej pracy wyznaczono wprawdzie numerycznie, jednak tylko w oparciu o analizę pojedynczego węzła łożyska. Metodologia ta może okazać się niewystarczająca, z uwagi na postęp, jaki dokonuje się obecnie w technikach modelowania numerycznego zespołów maszyn. W związku z powyższym wykorzystując informacje z pracy Kani i innych (2009) oraz posiadane możliwości modelowania numerycznego podjęto działania zmierzające do wyznaczenia współczynnika krotności łożyska podwójnego, za pomocą którego można szybciej oszacować poszukiwane charakterystyki nośności statycznej łożysk wieńcowych podwójnych.

## 2. CHARAKTERYSTYKA MODELU

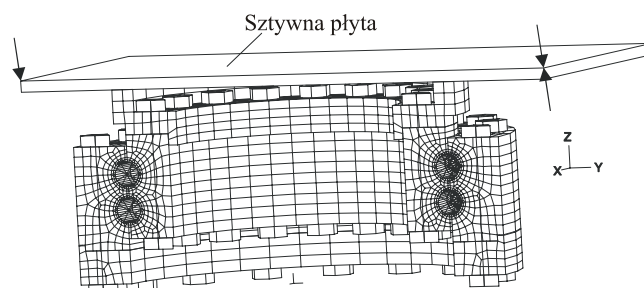
Analizie numerycznej poddano modele dwóch typów łożysk, wykonane metodą elementów skończonych. Do budowy modeli i symulacji obliczeniowych wykorzystano system ADINA (2004). W definiowaniu geometrii bieżni łożyskowych i elementów tocznych (kulek) użyto wymiarów łożyska przedstawionego w pracy Kani i innych (2009). Niezmienione pozostały wartości średnicy tocznej  $d_t=307\text{mm}$  (rysunek 1), średnicy kulki  $d_k=22\text{mm}$ , współczynnika przylegania kulki do bieżni  $k_p=0,96$ , nominalnego kąta działania  $\alpha=45^\circ$ . W modelach zmodyfikowano natomiast geometrię przekroju poprzecznego łożysk określając proporcje wysokości poszczególnych fragmentów pierścieni zgodnie z rysunkiem 1. Pierwszy model (rysunek 2) stanowił połowę struktury łożyska wieńcowego jednorzędowego z uwzględnieniem odpowiednich warunków symetrii. Drugi (rysunek 3) stanowił z kolei połowę struktury łożyska wieńcowego podwójnego, w którym zastosowano proporcje wysokości pierścieni pokazane na rysunku 1. Oba łożyska modelowane były jako łożyska o styku czteropunktowym. Wszystkie dane dotyczące sposobu modelowania zarówno samych łożysk jak i struktur ich osadzenia wraz zamocowaniem, poza wyszczególnionymi w niniejszym referacie, podane zostały w pracy Kani i innych (2009). W modelowanych obiektach założono jednakową twardość bieżni wynoszącą 660 HV, dla której po uwzględnieniu geometrii styku punktowego otrzymano wartość obciążenia granicznego kulek  $P_{dop}=36,6\text{kN}$ .

Struktury pierścieni w obu modelach zdyskretyzowano elementami 8-węzłowymi typu 3D-solid o jednakowym ułożeniu siatki elementów skończonych ze szczególnym uwzględnieniem podobieństwa w miejscu usadowienia elementów belkowych superelementu Smolnickiego (2002)

w zmodyfikowanej formie omówionej między innymi w pracy Kani i innych (2009), co miało zapewnić zgodność charakterystyki zastępczej elementów tocznych w obu łożyskach jak również pominięcie wpływu różnego ułożenia siatki na wartości otrzymywanych obliczeń.



Rys. 2. Siatka modelu łożyska wieńcowego jednorzędowego



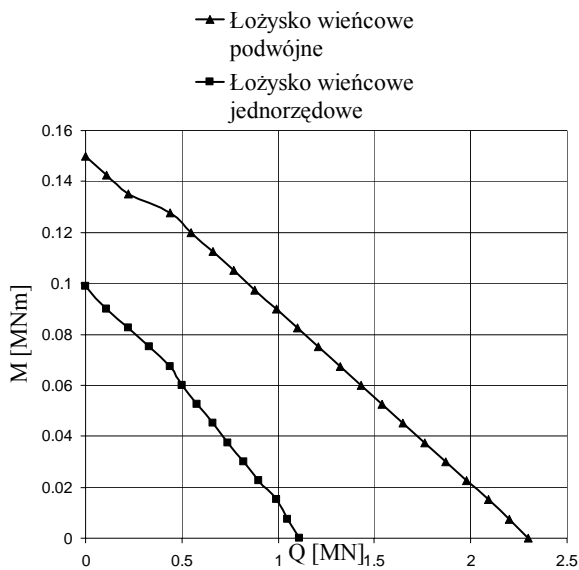
Rys. 3. Siatka modelu łożyska wieńcowego podwójnego

Dla elementu prętowego wyznaczono nową charakterystykę materiałową uwzględniającą inny podział siatki elementów skończonych niż w modelu zaprezentowanym w pracy Kani i innych (2009), sprężysto-plastyczny stan odkształcenia w strefie styku i występujące siły tarcia. Do zamodelowania obciążenia możliwie najlepiej odwierciedlającego rzeczywisty charakter pracy łożyska przy działaniu sił osiowych  $Q$  i momentów wyrotnych  $M$  użyto tzw. idealnie sztywnej płyty przytwierdzonej do głowicy struktury osadzenia pierścienia wewnętrznego łożyska. Na jej wierzchołkach, jak pokazano na rysunkach 2 i 3, przyłożono obciążenia punktowe o wartościach zapewniających odpowiednio działanie sił osiowych i momentów wyrotnych. Ponadto na górne krawędzie płyty nałożono odpowiednie warunki przemieszczeń węzłów odpowiadające przemieszczeniom węzłów w miejscach przyłożenia obciążenia zewnętrznego. Korpusy osadzenia obu łożysk zarówno w jednym jak i drugim przypadku zostały zamodelowane z tym samym podobieństwem geometrycznym jak i tą samą charakterystyką materiałową. Podobnie postąpiono z modelowaniem śrub mocujących M16 klasy 8.8. Struktury rdzeni śrub mocujących pierścień łożyska do odpowiadających im segmentów korpusów maszyny zostały zamodelowane elementami belkowymi o określonym przekroju z przyłożoną siłą zacisku wstępnego wynoszącą 72 kN.

## 3. OTRZYMANE WYNIKI I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych symulacji wykorzystujących metodykę postępowania szczegółowo opisaną

w pracy Kania i innych (2009) uzyskano charakterystyki nośności statycznej łożysk wieńcowych: podwójnego i jednorzędowego obciążonych siłą osiową i momentem wyrotnym (przy zerowej wartości siły promieniowej) przedstawione na rysunku 4.



Rys. 4. Charakterystyki nośności statycznej modelowanych łożysk

W oparciu o uzyskane charakterystyki można jednoznacznie stwierdzić, że poszukiwany współczynnik krotności łożyska podwójnego zależy od charakteru obciążenia (proporcji pomiędzy siłą osiową  $Q$  a momentem wyrotnym  $M$ ). Nie można zatem określić jednej stałej wartości współczynnika krotności pełnego zakresu obciążenia łożyska. Przy przybliżonym wyznaczaniu charakterystyk nośności łożyska podwójnego, mając do dyspozycji charakterystykę łożyska jednorzędowego o tej samej twardości i geometrii bieżni oraz zbliżonych proporcjach wymiarowych, należy określić dwie wartości tego parametru. Pierwszą jako współczynnik krotności momentu wyrotnego  $k_M$  i drugą jako współczynnik krotności siły osiowej  $k_Q$ . Dla modelowanego łożyska wyniosły one odpowiednio  $k_M=1,51$  i  $k_Q=2,09$ . Przybliżoną wartość współczynnika krotności dla zadanych wartości obciążenia  $Q$  i  $M$  można otrzymać na drodze interpolacji.

## LITERATURA

1. ADINA (2004), *Theory and Modeling Guide*, Vol. 1: ADINA, ADINA R&D, Inc. Watertown.
2. Kania L., Krynke M., Śpiewak S. (2009), Problemy obliczania nośności statycznej łożysk wieńcowych podwójnych, *XXII Konferencja Naukowa: „Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych”*, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce.
3. Mazanek E. (2004), Określanie nośności statycznej łożyska wieńcowego kulkowego podwójnego, *Przegląd Mechaniczny*, Vol. 58 z. 5.
4. Mazanek E. (2005), *Zagadnienia konstrukcyjne i wytrzymałościowe wielkogabarytowych łożyskach tocznych wieńcowych*, Monografie, nr 105, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej.
5. Smolnicki T. (2002), *Fizyczne aspekty koherencji wielkogabarytowych łożysk tocznych i odkształcalnych konstrukcji wsporczych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.

## MULTIPLICATION FACTOR OF DOUBLE-ROW BALL SLEWING BEARINGS

**Abstract:** A problem of multiplication factor of double row ball slewing bearings have been presented in this article. This factor is used for the determination of analytical profile of the static load capacity of slewing bearing with double-row ball based on the profile of slewing bearing with single-row ball with similar parameters. The profile of the static load capacity of modeling bearings and the value of multiplication factor has been determined. Concluding results have been obtained in numerical way.