

# Innowacyjne mechanizmy wprowadzania napięcia wstępnego w układach łożysk skośnych

## Innovative designs of angular contact ball bearings systems preload mechanisms

JAKUB SIKORSKI  
WITOLD PAWŁOWSKI\*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.29>

Przedstawiono projekty dwóch mechanizmów pozwalających na uproszczenie operacji wprowadzania napięcia wstępnego w układach łożysk skośnych podpierających wirujące wały maszyn. Zaproponowane systemy umożliwiają znaczne usprawnienie późniejszej regulacji łożysk podczas eksploatacji maszyny. W tych rozwiązaniach siłę napinającą łożyska wprowadza system odpowiednio ukształtowanych elementów mających powierzchnie obrotowo-klinowe, których obrót powoduje ich wzajemne rozsuwanie i w konsekwencji uzyskanie siły napinającej łożyska skośne.

**SŁOWA KLUCZOWE:** łożysko, projekt, wał, maszyna

*Presented are two mechanisms to simplify preloading operations in angular contact ball bearings systems supporting rotating machines' shafts. The proposed systems also significantly improve its later adjustment during machine exploitation. In the presented solutions, the tensioning force of the bearing comes from a system of appropriately shaped elements with rotational-wedge surfaces, rotation of which makes them mutually extend and consequently obtain the tensioning force for the angular contact ball bearings.*

**KEYWORDS:** bearing, design, shaft, machine

Łożyska należą do typowych elementów maszyn. Jest to również jeden z najważniejszych elementów konstrukcyjnych, gdyż od jego prawidłowej pracy zależy bezawaryjna eksploatacja każdego urządzenia. Łożyska niezwykle rzadko występują pojedynczo. Zazwyczaj konstruktorzy umieszczają dwa lub więcej do podparcia każdego wirującego elementu. Wraz ze wzrostem stopnia skomplikowania maszyny rośnie liczba łożysk w niej zamontowanych, dlatego niezwykle ważne jest zapewnienie optymalnych warunków pracy każdego łożyska w urządzeniu [2, 3].

Istnieje kilka kluczowych czynników, które mają wpływ na czas prawidłowej pracy łożysk w maszynie. Należą do nich: smarowanie, siły obciążające, drgania, temperatura, obecność środowiska powodującego korozję. W przypadku układów łożysk skośnych podpierających wał istotna jest również gwarancja wprowadzenia właściwego napięcia wstępnego oraz utrzymanie go podczas całego okresu eksploatacji urządzenia [1, 5, 6, 9].

W tym artykule przedstawione są dwa mechanizmy, których zadaniem jest uzyskanie prawidłowego napięcia wstępnego układu łożysk skośnych podpierających wirujące wały maszyn. Pozwalają one również na znaczne usprawnienie jego późniejszej regulacji podczas użytkowania maszyny, co jest kluczowe, by zapewnić długą i bezawaryjną eksploatację.

W obecnie stosowanych mechanizmach napinających łożyska skośne wymagany jest dobry dostęp do obudowy wału w miejscu, gdzie zachodzi konieczność regulacji

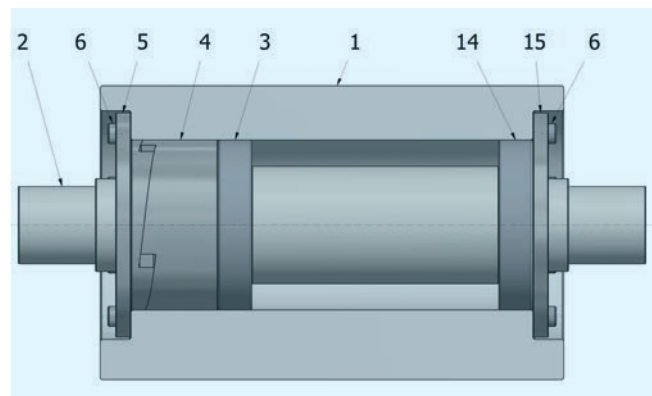
napięcia wstępnego układu łożysk pracujących w maszynie. Taka regulacja często wiąże się z demontażem elementów zamontowanych na końcu wału oraz podzespołów współpracujących z wałem. Jest to spowodowane konstrukcją mechanizmów, zawierających najczęściej podkładki oporowe lub nakrętki i śruby regulacyjne, których wymiana lub regulacja wymaga zdjęcia pokrywy maszyny, na której oparte jest łożysko [7, 8].

W przedstawionych rozwiązaniach konstrukcyjnych regulacja napięcia wstępnego układu łożysk wymaga jedynie dostępu do wbudowanych elementów śruby lub ślimaka regulacyjnego, co jest korzystne przy ciasnej zabudowie podzespołów maszyny. Nie jest konieczny demontaż jakichkolwiek elementów umieszczonych w okolicy łożyska lub zamontowanych na wale współpracującym z łożyskiem [7, 8].

### Opis konstrukcji

Mechanizmy zostały zaprojektowane w programie Autodesk Inventor Professional. Jest to parametryczny program pozwalający na trójwymiarowe projektowanie części. Możliwe jest składanie ich w podzespoły i gotowe maszyny. Program ma szereg funkcjonalności ułatwiających projektowanie maszyn, takich jak analizy kontrolujące współpracę podzespołów oraz analizy kolizji podzespołów, kinematyki, dynamiki i wytrzymałości metodą elementów skończonych [4, 10].

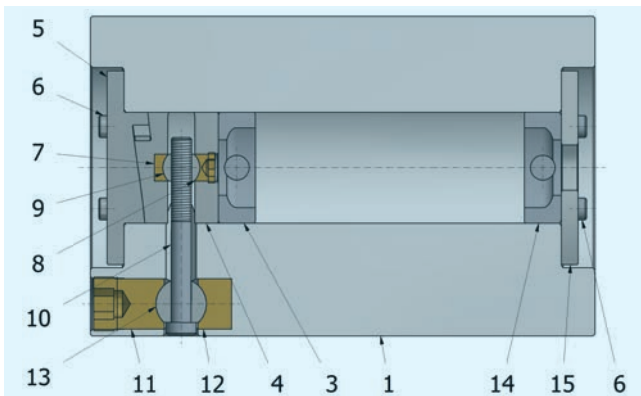
W pierwszej konstrukcji (rys. 1) na końcu wału (2) znajdującego się w korpusie (1) umieszczono układ tulei koronowej (4) oraz pokrywy koronowej (5), w którym oba te elementy stykają się odpowiadającymi sobie powierzchniami klinowymi, przy czym pokrywa połączona jest z korpusem za pomocą śrub (6), a tuleja jest umieszczona suwliwie w korpusie pomiędzy pokrywą a bieżnią zewnętrzną łożyska (3). Po przeciwnej stronie wał jest podparty na łożysku (14) zabezpieczonym przed wysunięciem z korpusu pokrywą (15), która jest przykręcona do korpusu śrubami (6) [7].



Rys. 1. Pierwszy mechanizm wprowadzania napięcia wstępnego

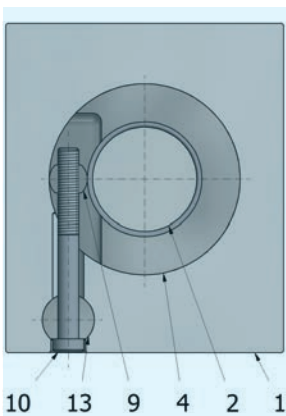
\* Mgr inż. Jakub Sikorski (jakub--sikorski@wp.pl), dr hab. inż. Witold Pawłowski prof. PŁ (witold.pawlowski@p.lodz.pl) – Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn Politechniki Łódzkiej

Na rys.2 pokazano przekrój wzdłużny podzespołu w płaszczyźnie przechodzącej przez oś śruby regulacyjnej (10). Korpus i tuleja koronowa mają nieprzelotowe wzdłużne otwory, w których umieszczone są podzespoły. Każdy z nich obejmuje wkładki (7, 8 i 11, 12) oraz element kulisty (odpowiednio: 9 i 13). Tuleja koronowa ma wybranie w osi elementu kulistego. Korpus jest połączony z tuleją koronową przez śrubę regulacyjną umieszczoną w otworach przelotowych elementów kulistych, przy czym powierzchnia otworu przelotowego elementu kulistego (9) w tulei koronowej jest gwintowana. Nieprzelotowe wzdłużne otwory korpusu i tulei koronowej oraz zewnętrzne wkładki są zakończone powierzchniami gwintowanymi, co umożliwi regulację luzu pomiędzy odpowiednimi wkładkami i elementami kulistymi [7].



Rys. 2. Przekrój wzdłużny pierwszego mechanizmu wprowadzania napięcia wstępnego

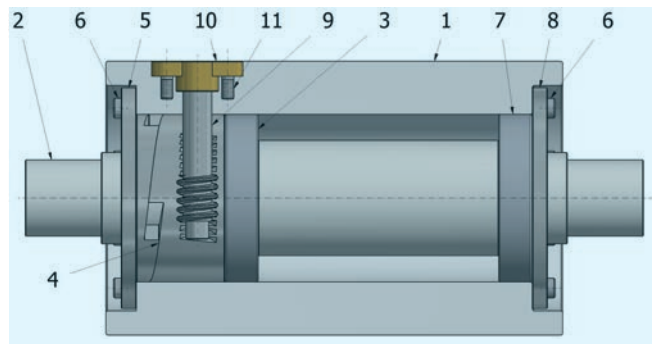
Na rys. 3 pokazano przekrój poprzeczny podzespołu w płaszczyźnie przechodzącej przez oś śruby regulacyjnej. Widać na nim dokładnie wyfrezowanie w tulei koronowej, w którym pracuje śruba regulacyjna. Należy pamiętać, że śruba regulacyjna podczas pracy wychyla się w obu płaszczyznach, co wymusza zastosowanie elementów kulistych eliminujących powstawanie niekorzystnych sił poprzecznych napinających podzespoły regulacyjny podczas ruchu obrotowo-przesuwnej tulei koronowej.



Rys. 3. Przekrój poprzeczny pierwszego mechanizmu wprowadzania napięcia wstępnego

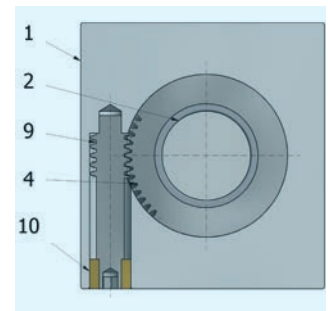
W drugim proponowanym rozwiązaniu konstrukcyjnym (rys. 4) elementy takie jak wał (2), korpus (1), tuleja koronowa (4) oraz pokrywa koronowa (5) są umieszczone i połączone śrubami (6) podobnie jak w poprzednim podzespołe. Również podparcie wału po przeciwnej stronie na łożysku (7) zabezpieczonym przed wysunięciem z korpusu pokrywą (8) jest identyczne jak w poprzednim układzie.

Istotna różnica dotyczy układu wymuszającego obrót tulei koronowej. Tuleja koronowa, umieszczona suwliwie w korpusie pomiędzy pokrywą koronową a bieżnią ze-



Rys. 4. Widok drugiego mechanizmu wprowadzania napięcia wstępnego

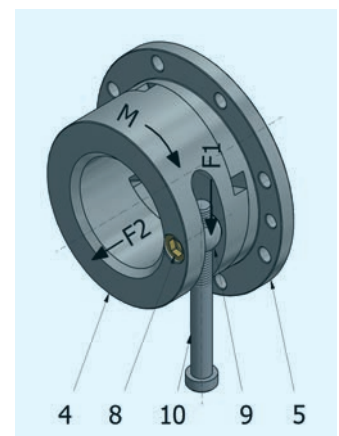
wewnętrzną łożyska, ma naciętą ślimacznicę na części swojej zewnętrznej powierzchni bocznej, a w korpusie umieszczony jest w ślimak regulacyjny (9) oparty na tulei oporowej (10) połączonej z korpusem śrubami (11). W ten sposób ślimak regulacyjny jest zabezpieczony przed wysunięciem z korpusu pod wpływem sił działających w podzespołe napinającym łożyska. Dodatkowo ślimacznica jest nacięta w sposób umożliwiający jej prawidłową współpracę ze ślimakiem pomimo ruchu wzdłużnego tulei koronowej [8].



Rys. 5. Przekrój poprzeczny drugiego mechanizmu wprowadzania napięcia wstępnego

### Zasada działania

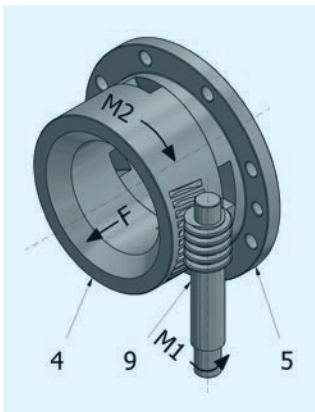
Na rys. 6 przedstawiono najważniejsze elementy pierwszego z proponowanych mechanizmów wprowadzania napięcia wstępnego w układach łożysk skośnych. Śruba regulacyjna (10) utrzymuje we właściwej pozycji kątowej tuleję koronową (4) dzięki współpracy z elementem kulistym (9) oraz wkładkami. Obrót śruby regulacyjnej powoduje związany z nim obrót tulei koronowej, a jej dalsze dokręcanie powoduje powstanie siły  $F_1$  przesuwającej element kulisty. Element kulisty, współpracując z wkładkami (7) (niewidoczna na rys. 6) oraz (8), oddziałuje na tuleję koronową i wywołuje moment  $M$ . Moment  $M$  powoduje obrót tulei koronowej, który dzięki współpracy z powierzchniami klinowymi pokrywy koronowej (5) pozwala na uzyskanie siły  $F_2$  wprowadzającej właściwe napięcie



Rys. 6. Układ sił i momentu podczas działania pierwszego mechanizmu

wstępne układu łożysk wału maszyny. Modyfikacja napięcia wstępnego układu łożysk skośnych jest realizowana poprzez dokręcanie lub odkręcanie śruby regulacyjnej [7].

Na rys. 7 przedstawiono najważniejsze elementy drugiego z proponowanych mechanizmów wprowadzania napięcia wstępnego w układach łożysk skośnych. Ślimak regulacyjny (9) utrzymuje we właściwej pozycji kątowej tuleję koronową (4), dzięki współpracy z naciętą na niej ślimaczną. Dalsze obracanie ślimaka w prawo momentem  $M1$  powoduje powstanie momentu  $M2$  na tulei koronowej. Moment  $M2$  wywołuje obrót tulei koronowej, która dzięki współpracy z powierzchniami klinowymi pokrywy koronowej (5) przesuwa się i umożliwia uzyskanie siły  $F$  wprowadzającej właściwe napięcie wstępne układu łożysk skośnych wału maszyny. Modyfikacja napięcia wstępnego łożysk jest realizowana poprzez obracanie w lewo lub w prawo ślimaka regulacyjnego (9) [8].



Rys. 7. Układ siły i momentów podczas działania drugiego mechanizmu

## Podsumowanie

Zaproponowane konstrukcje mechanizmów wprowadzania napięcia wstępnego układu łożysk skośnych podpierających wirujące wały maszyn charakteryzują się prostotą oraz zwartością konstrukcji. Z tego powodu ich zastosowanie w kolejnych modelach maszyn nie powinno powodować problemów konstrukcyjnych ani generować dodatkowych kosztów. Jest to szczególnie ważne, gdyż mechanizmy te znacznie poprawiają komfort obsługi urządzeń podczas ich długoletniej eksploatacji.

Zmiany konstrukcyjne przedstawione w opisanych zespołach nie powodują znacznego zmniejszenia rozstawu łożysk podpierających wał, dzięki czemu możliwe jest zachowanie sztywności konstrukcji zaplanowanej podczas projektowania maszyny. Dodatkowo możliwość bardzo precyzyjnej regulacji napięcia wstępnego układu łożysk skośnych pozwala na uzyskanie parametrów pracy zespołu zgodnych z założeniami konstrukcyjnymi maszyny. Dzięki temu bardzo realne staje się ograniczenie niebezpieczeństwa wystąpienia awarii.

## LITERATURA

1. FAG, Super Precision Bearings, 2016.
2. Hoczarenko J., „Obrabiarki sterowane numerycznie”. Rozdz. 5. Warszawa: WNT, 2009.
3. Kwapisz L., Froncki W., „Zagadnienia wybrane w konstrukcji obrabiarek”. Łódź: Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, 1994, s. 61–79.
4. Munford P., Normand P. „Mastering Autodesk Inventor 2016 and Autodesk Inventor LT 2016”. Autodesk Official Press, 2016.
5. NMB, Miniature Precision Ball Bearings, 2015.
6. NSK, „Łożyska toczne”. 2005.
7. Pawłowski W., Sikorski J. Zgłoszenie patentowe nr P. 422823, 2017.
8. Pawłowski W., Sikorski J. Zgłoszenie patentowe nr P. 422824, 2017.
9. SKF. „Rolling bearings”. 2013.
10. Stasiak F. „Zbiór ćwiczeń Autodesk Inventor 2017”. ExpertBooks, 2016. ■