

Tadeusz SZUCKI

ZABUDOWA ŁOŻYSKA SKOŚNEGO WALCOWEGO ZESTAWU KOŁOWEGO KOLEJOWEGO

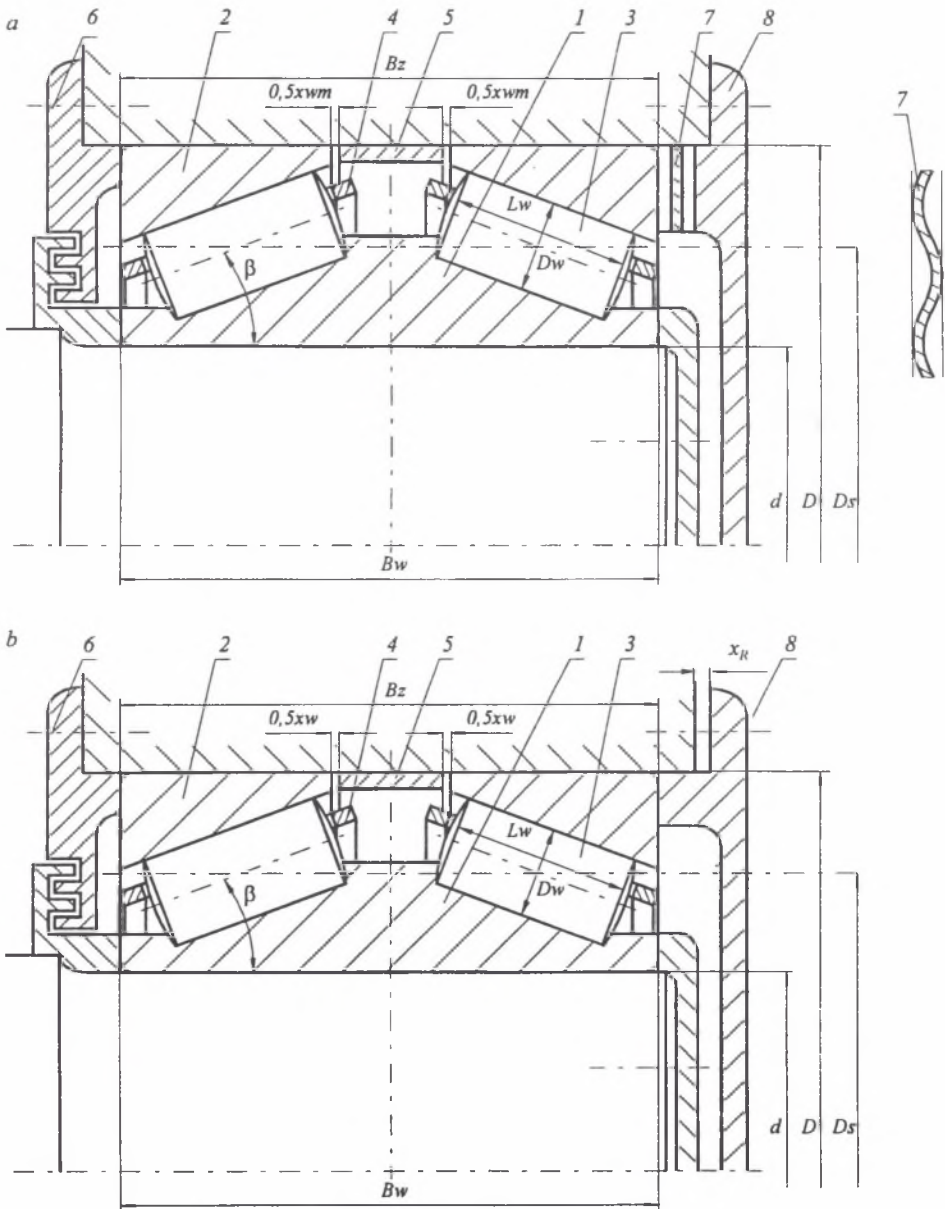
Streszczenie. W pracy przedstawiono trzy konstrukcje zabudowy łożyska w przypadku łożyskowania zestawu kołowego kolejowego przewidzianego do jazdy z dużą prędkością, około 75 m/s. Przedstawione konstrukcje zapewniają małe wstępne obciążenia i naprężenia pomontażowe. Uwzględniono wpływ pasowania i temperatury. Wielkości zacisków wstępnych oraz dobór sprężystych podkładek należy przeprowadzić w zależności od obciążenia węzła łożyskowego i konstrukcji łożyska.

HOUSING OF ANGULAR CONTACT ROLLER BEARING FOR CARRIAGE AXLE SET

Summary. In work three housing of angular contact roller bearing for carriage axle set are presented. We see them in figure 1. Afore named bearing is used for ride with speed about 75 m/s. The fatigue life of bearing depends on housing, because our bearing is a separable one. The preload caused by axial direction fixation may be very big ones. Remarks and conclusions are noted too.

1. WSTĘP

W Zakładzie Podstaw Budowy Urządzeń Transportowych Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej zaprojektowano i zoptymalizowano łożysko specjalnej konstrukcji do łożyskowania zestawów kołowych w pociągach przewidzianych do jazdy z dużymi prędkościami. W pracy [1] przedstawiono cztery programy komputerowe liczące naprężenia na bieżniach i przemieszczenia pierścienia wewnętrznego względem zewnętrznego w wyżej wspomnianych łożyskach. W pracach [2] i [3] omówiono programy maszynowe do rysowania i optymalizacji łożyska. Różne konstrukcje zabudowy i jej wpływ na trwałość łożyska omawiamy w niniejszym artykule.



Rys.1. Zabudowa łożyska osi kolejowej
 Fig.1. Housing of railway axle

2. OZNACZENIA

- l - długość pierścienia dystansowego 5, m;
 l_f - luz fabryczny wynikający z odchyłek wymiarowych, m (w naszym łożysku oraz przy opisie w tym artykule należy przyjmować $l_f = 0$);
 l_s - zmniejszenie luzu ze względu na smar, m;
 l_r - rozciąganie pierścienia wewnętrznego spowodowane ciasnym pasowaniem, m;
 l_p - rozszerzenie pierścieni na skutek rozgrzewania się łożyska, m;
 l_t - rozszerzanie się łożyska latem na skutek temperatury otoczenia, m;
 l_z - rozszerzanie się łożyska zimą na skutek temperatury otoczenia, m;
 y_r - ściśnięcie części tocznych i bieżni na skutek obciążenia zewnętrznego, m;
 l_b - luz roboczy, m (l_{bt} - latem; l_{bz} - zimą);
 l_m - luz pomontażowy, m (l_{mt} - latem; l_{mz} - zimą);
 l_{zw} - luz zacisku wstępnego wywołany zabudową, m;
 x_w - szczelina dająca optymalny zacisk wstępny, m;
 x_{wm} - szczelina pomontażowa, m;
 P_y, P_z - składowe obciążenia poprzeczne, na które optymalizowano łożysko, N;
 P_x - obciążenie osiowe, przy którym optymalizowano łożyska, N;
 P_{xs} - siła sprężyny po zabudowaniu, N;

3. KONSTRUKCJE ZABUDOWY

Na rysunku 1 przedstawiono kilka sposobów ustaleń wzdluznych łożyska względem osi kolejowej oraz przede wszystkim pokazano różne sposoby uzyskania luzu łożyskowego pomontażowego. We wszystkich przypadkach pierścień wewnętrzny jest wciśnięty na wał, a pierścienie zewnętrzne są pasowane suwliwie w obudowie. Dyskusje przeprowadzono na przykładzie łożyska skośnego walcowego dwurzędowego w układzie „X”, którego charakterystykę opisano w pracy [4].

3.1. Zacisk wstępny (luz pomontażowy l_m) uzyskany pierścieniem dystansowym (tuleją) założonym między zewnętrzne pierścienie łożyska

Rys.1.b. przedstawia konstrukcję uzyskania dokładnego zacisku wstępnego (pomontażowego l_m) w łożysku rozłącznym za pomocą łożyska z pierścieniem dystansowym 5 o bardzo dokładnych wymiarach dopasowanych w fabryce łożysk dla każdego łożyska oddzielnie, tak aby szczelina x_w zapewniała wymagany luz łożyskowy. W czasie zabudowy łożyska podczas dokręcania przykrywek 6 i 8 szczelina x_w będzie malała i przy bardzo silnym zakręceniu śrub przyjmie wartość $x_{wm} = 0$, oczywiście tylko w tym przypadku, jeśli szczelina x_R między przykrywką 8 i obudową jest dość duża (większa od x_w oraz odkształceń sprężystych ściśniętych części). W tym przypadku przy omawianej zabudowie, mimo że łożysko jest rozłączne, to po zabudowie zachowuje się jak nierozłączne. Natomiast pierścień dystansowy 5 oraz wszystkie inne części łożyskowe dobrane, dopasowane i zamontowane w fabryce łożysk należy traktować jako części niewymienne w każdym pojedynczym łożysku.

Luz pomontażowy l_m w łożysku nierozłącznym dowolnej konstrukcji bez wpływu ustaleń wzdluznych (dla poprawnych ustaleń wzdluznych) jest wynikiem luzu fabrycznego l_f , luzu l_r spowodowanego wciśnięciem pierścienia wewnętrznego na czop wału, luzu l_p wynikłego z roz-

szerzania się cieplnego w czasie pracy łożyska, luzu l_l lub l_r (lato, zima) powstałego zmianą temperatury otoczenia oraz luzu l_s potrzebnego na warstwę smaru. Dla powyższych ostatnich łożysk (nierozłącznych) wartość luzu roboczego możemy określić następującą zależnością:

$$\text{lato} - l_{bl} = l_{zw} + l_r - l_p - l_r - l_s + l_l + y_r, \quad m, \quad (1)$$

$$\text{zima} - l_{bz} = l_{zw} + l_r - l_p - l_r - l_s + l_z + y_r, \quad m, \quad (2)$$

Natomiast luz pomontażowy obliczymy jak niżej:

$$l_{ml} = l_{zw} + l_r - l_s - l_r - l_p + l_l; \quad l_{mz} = l_{zw} + l_r - l_s - l_r - l_p + l_z, \quad (3)$$

Uwaga: Wzory 1, 2, 3, aczkolwiek ściśle dotyczą łożysk nierozłącznych, są aktualne także dla naszego łożyska dla każdej zabudowy przy odpowiedniej interpretacji oraz zostały zapisane w celu przedstawienia wszystkich zjawisk wpływających na luz pomontażowy i roboczy w łożysku.

3.2. Zacisk wstępny uzyskany podkładkami regulacyjnymi

Patrz rys. 1a, ale zamiast sprężystej podkładki 7 zakładamy kilka podkładek regulacyjnych. Zabudowa omawiana w tym rozdziale (3.2) jest typowym ustalaniem wzdłużnym, na przykład wału, w dwóch łożyskach skośnych lub stożkowych. W naszym przypadku mamy wprowadzić jedno łożysko, ale dwa rzędy wałeczków. Zacisk wstępny regulujemy (ustalamy) za pomocą dobierania ilości lub grubości podkładek regulacyjnych 7 przy pokrywce 8 (patrz rys. 1a). W tym przypadku luz pomontażowy wynika z odpowiedniego dobrania podkładek regulacyjnych podczas montażu zestawu kołowego. Pierścień dystansowy 5 może być założony lub nie. Jeśli zakładamy pierścień dystansowy, to zabezpieczamy łożysko przed zbyt dużymi zaciskami wstępnymi, ponieważ przy odpowiednio grubych podkładkach 7 szczelina x_{wm} przyjmie wartości zerowe i dalsze skręcanie śrubami niezależnie od siły skręcania nie zwiększy zacisku wstępnego w łożysku. W przypadku gdy brak pierścienia 5, to przy zbyt małej grubości podkładek 7 luz pomontażowy będzie dodatni, a przy zbyt dużej grubości podkładek 7 będzie ujemny, co może wydajnie zwiększyć naprężenia na bieżniach łożyskowych, które spowodują, w tych warunkach zbytnie grzanie się łożyska lub jego blokadę albo doraźne zniszczenie. W przypadku montażu bez pierścienia 5 należy po montażu łożyska sprawdzać jego luzy pomontażowe oraz opory ruchu w łożysku.

3.3. Zacisk wstępny ustalony sprężystą podkładką

W przypadku konstrukcji zabudowy przedstawionej na rys. 1a zacisk wstępny pomontażowy uzyskujemy za pomocą podkładki sprężystej 7. Pierścień dystansowy możemy założyć lub nie. W przypadku braku pierścienia 5 wielkość zacisku wstępnego jest określona za pomocą odchyłek wykonawczych łożyska, obudowy, pokrywek 6 i 8 oraz podkładki sprężystej 7. Po montażu i stwierdzeniu wadliwego zacisku wstępnego istnieje możliwość podłożenia podkładki między obudowę i przykrywkę 8 albo między pokrywkę 6 i pierścień 2 lub wymiany podkładki sprężystej oraz (w ten sposób) zmiany wielkości zacisku wstępnego. Wkładając podkładkę między przykrywkę 8 i obudowę zmniejszamy zacisk wstępny w łożysku, a podkładając podkładkę między przykrywkę 6 i pierścień 2 zwiększymy. W przypadku jeśli zakładamy pierścień dystansowy 5, to możemy zacisk wstępny ograniczyć, gdyż po przykręceniu przykrywki 8 i dowolnie dużej siły sprężyny szczelina pomontażowa x_{wm} przyjmie wartość zerową i ograniczy zacisk wstępny w łożysku. Zbyt mała siła sprężyny 7 spowoduje, że szczelina x_{wm} przyjmie pewną wartość oraz zacisk wstępny w łożysku będzie za mały, to zna-

czy luz łożyskowy pomontażowy l_m będzie za duży. Sprężyna 7 może łagodzić duże siły zewnętrzne osiowe działające na łożysko 6 w kierunku na sprężynę 7.

3.4. Obliczenia i montaż

W przypadku zabudowy opisanej w rozdziale 3.1 obliczenia są bardzo proste, jeśli korzystamy z programu optymalizacyjnego OSD5-4 (patrz [2]). Zależnie od obciążenia zewnętrznego łożyska obliczamy wartość optymalnego luzu pomontażowego wyrażoną za pomocą wielkości szczeliny x_w (patrz rys.1b, pokazano na rysunku złożenie przed dokręceniem śrub). Według [4] dla obciążenia w niutonach $P_y = 8,5 \cdot 10^4$, $P_x = 1,9 \cdot 10^4$, $P_z = 0$ szczelina x_w wynosi $\sim 0,00005$ metrów dla łożyska o wymiarach $d = 130$, $D = 240$, $B_w = B_z = 160$ mm. Powyższa szczelina gwarantuje najlepszy luz pomontażowy l_m (patrz wzór 3), w przypadku jeśli pominiemy wpływ rozszerzeń cieplnych (l_p , l_i , l_z), rozciąganie pierścienia wewnętrznego spowodowane wbijaniem na czop (l_r), luz potrzebny na smar (l_s) i luz fabryczny l_f , ponieważ wtedy luz pomontażowy l_m będzie równy ($l_m = l_{zw}$) luzowi zacisku wstępnego l_{zw} , którego wartość obliczymy jak niżej

$$l_{zw} = 0,5x_w \cdot \sin \beta, \quad (4)$$

W tym przypadku szczelina x_R (patrz rys.1b) po montażu musi być większa od zera, a przed zaciśnięciem śrub musi być większa od x_w . Wartość szczeliny należy obliczyć z odchyłek wymiarowych łożyska obudowy i przykrywek 6 i 8. W przypadku zabudowy opisanej w punkcie 3.2 (patrz rys.1a) są dwie konstrukcje z pierścieniem 5 lub bez pierścienia 5. Jeśli pierścień dystansowy 5 jest oraz jego długość jest tak dobrana, że po założeniu dostatecznie grubych podkładek 7 i lekkim dociśnięciu przykrywki, ale przed dokręceniem śrub mocujących przykrywkę 8, zapewnia szczelinę x_{wm} równą szczelinie x_w obliczoną jako optymalną, to po dobraniu podkładek regulacyjnych i dociśnięciu przykrywki śrubowej szczelina x_{wm} przyjmie pewne wartości. Dobrze dobranie podkładek jest wtedy, gdy szczelina x_{wm} przyjmie wartość zerową. Ten stan łatwo zauważyć, gdyż pojawi się szczelina między obudową i przykrywką 8. Pierścień dystansowy 5 zabezpiecza przed zbyt dużym zaciskiem wstępnym. Natomiast w przypadku gdy nie stosujemy pierścienia dystansowego 5, dobranie podkładek regulacyjnych jest dość trudne. Zwykle w takich przypadkach mierzymy luz na wałeczkach albo moment oporu w łożysku i tak długo zmieniamy grubość podkładek regulacyjnych 7, aż otrzymamy dobry zacisk wstępny w łożysku.

W przypadku zabudowy opisanej w punkcie 3.3 przedstawionej na rys.1a stosujemy podkładkę sprężystą oraz pierścień dystansowy 5 zakładamy lub nie. W przypadku gdy pierścień dystansowy 5 jest oraz dobrany fabrycznie na szczelinę optymalną x_w , sprężyna 7 może być o dużej sztywności, likwidującej szczelinę x_w oraz tak sztywną, aby przejąć zewnętrzne wzdłużne obciążenie łożyska $P_{xs} > 20000$ N (w przypadku optymalizacji w [4]). W tym przypadku sprężynę należy optymalizować ze względu na przejmowanie obciążeń zewnętrznych wzdłużnych.

Natomiast w przypadku braku pierścienia dystansowego 5 należy montaż łożyska przeprowadzić bardzo starannie postępując podobnie jak przy konstrukcji opisanej w punkcie 3.2 (za pomocą podkładek regulacyjnych). Prawidłowy zacisk wstępny uzyskamy dzięki skracaniu sprężyny lub dodawaniu podkładek regulacyjnych.

4. UWAGI I WNIOSKI

- 4.1. Przedstawione konstrukcje zabudowy łożyska przedstawionego na rys.1 są pomyślane i zalecane przede wszystkim dla łożyska podwójnego skośnego walcowego. Omawiane konstrukcje zabudowy mogą być jednakże stosowane z pozytywnym skutkiem także dla łożysk podwójnych stożkowych lub węzłów składających się z dwóch łożysk rozłącznych skośnych lub stożkowych w układach „X” lub „O” oraz w przypadkach łożyskowania wałów w dwóch łożyskach rozłącznych skośnych lub stożkowych. W przypadku układów „O” należy podkładki, przykrywki i szczeliny przypisywać do pierścieni wewnętrznych łożyskowych.
- 4.2. Zabudowa przedstawiona na rys.1b, omawiana w punkcie 3.1, jest bardzo wygodna przy montażu osi wagonowej. Zapewniamy dobry luz pomontażowy w łożysku wtedy, gdy mocno dokręcimy śruby mocujące pokrywkę 8, a szczelina x_R nie zniknie. W tym przypadku łożysko jest drogie, ponieważ dla każdego łożyska należy dopasować w fabryce łożysk długość tulei 5. Wadą tej zabudowy jest możliwość powstawania dużych naprężeń na bieżniach (dużych luzów roboczych ujemnych) powodowanych rozszerzeniem się cieplnym wewnętrznego pierścienia łożyskowego i jednoczesnym skróceniem się obudowy. Jednakże taki stan jest mało prawdopodobny oraz w razie potrzeby, zły wpływ rozszerzania cieplnego łatwo można usunąć wkładając podkładkę sprężystą 7 pokazaną na rys.1a do zabudowy z rys.1b między pokrywkę 8 i pierścień łożyskowy 2. W tym przypadku podkładka sprężysta powinna naciskać na pierścień łożyskowy z siłą P_{x5} co najmniej 1,5 razy większą niż siły P_x , na którą była optymalizowana szczelina x_w . Ponadto podkładka sprężysta nie tylko zlikwiduje wpływ rozszerzania cieplnego, ale także będzie chronić przed uderzeniami zewnętrznymi w kierunku osiowym.
- 4.3. Zabudowa opisana w punkcie 3.2 (za pomocą podkładek regulacyjnych) w przypadku stosowania pierścienia dystansowego 5 dobranej fabrycznie ma także wady i zalety, jak zapisano w punkcie 4.2. W przypadku natomiast braku pierścienia dystansowego 5 stosujemy tanie łożysko, ale spotykamy duże kłopoty przy montażu osi oraz bardzo trudno jest uzyskać dobry luz pomontażowy.
- 4.4. Zabudowa opisana w punkcie 3.3 (za pomocą podkładki sprężystej) oraz w przypadku stosowania pierścienia dystansowego 5 jest rozwiązaniem bardzo dobrym, najlepszym z omawianych, przy dobrze dobranej nieliniowej, progresywnej sprężynie zapewnia nie tylko założony luz pomontażowy, ale ułatwia montaż osi, powoduje, że konstrukcja jest mało wrażliwa na wpływy cieplne oraz zmniejsza osiowe zewnętrzne uderzenia na łożyska. Natomiast w przypadku stosowania łożyska bez pierścienia dystansowego, łożysko może pracować też dobrze, ale należy wtedy przeprowadzić dokładne badanie potrzebnej charakterystyki sprężyny, która zapewni wymagany luz łożyskowy, złagodzi wpływ rozszerzeń cieplnych oraz uderzeń sił zewnętrznych na łożyska.
- 4.5. Podkładki sprężyste należy tak dobierać, aby przesuw zewnętrzny pierścienia łożyska w obudowie był możliwie mały oraz występował rzadko, ponieważ w przeciwnym razie mogłoby wystąpić wytarcie się powierzchni współpracujących pierścienia łożyskowego z obudową.

LITERATURA

1. Szucki T., Wiernicki J.: Obliczanie naprężeń na powierzchniach wałeczków w łożysku kolejowym skośnym i stożkowym dwurzędowym. Zeszyty Naukowe Politechniki Warszawskiej, ser. Transport, z.34, Warszawa 1994, s.141-164.

2. Szucki T., Węgrzynowicz B.: Optymalizacja wewnętrznych wymiarów łożyska skośnego walcowego dwurzędowego dla kolejowego zestawu kołowego (program OSD5-4). Zeszyty Naukowe Politechniki Warszawskiej, ser. Transport, z.35, Warszawa 1996, s. 127-144.
3. Szucki T., Gębicz W.: Wykonanie dokumentacji technicznej łożysk kolejowych wałeczkowych skośnych i stożkowych. XVIII Sympozjon Podstaw Konstrukcji Maszyn, Kielce, 16-20.09.1997, PL ISSN 0239-4979, s. 183-188.
4. Szucki T.: Sprężysta charakterystyka łożyska skośnego walcowego zestawu kołowego kolejowego. Konferencja Jubileuszowa „Wybrane Problemy Transportu Szynowego”, Kraków-Zakopane, 26-28.11.1997, s. 355-362.

Recenzent: Prof. dr hab.inż. Włodzimierz Gąsowski

Abstract

In work three housing of angular contact roller bearing for carriage axle set are presented. We see them in figure 1. Afore named bearing is used for ride with speed about 75 m/s. The fatigue life of bearing depends on housing, because our bearing is a separable one. The preload caused by axial direction fixation may be very big ones. We show in figure 1 two constructions of longitudinal location of inner and outer rings. These constructions assure the small preload and stresses and they are easy to make, and they are comfortable in time of assembly. Influence of temperature and of shaft and housing fits on life of bearing is taking into account.

The expansion of inner ring caused by fits may be calculated, for instance, by finite element method. Largeness of preload and choice of spring washers we ought to make taking into account load of bearing and construction of bearing. Remarks and conclusions are noted too.