Toczenie, ślizganie, smarowanie
elementy techniki łożyskowej w rolnictwie

Jan Hinrich Löken (state-certified engineer)
J.Loeken@industriehof.com

Talerze, urządzenia doczepiane, wały uprawowe, wirniki, ślimaki, wszystkie te elementy robocze mają jedną wspólną cechę – ich działanie opiera się na technice łożyskowej. Bez łożysk urządzenie nie będzie działać, niezależnie od różnorodności i stopnia złożoności tych elementów. Są one dostępne w różnych kształtach i rozmiarach – jako duże i wytrzymałe albo małe i precyzyjne.

1. Rodzaje łożysk

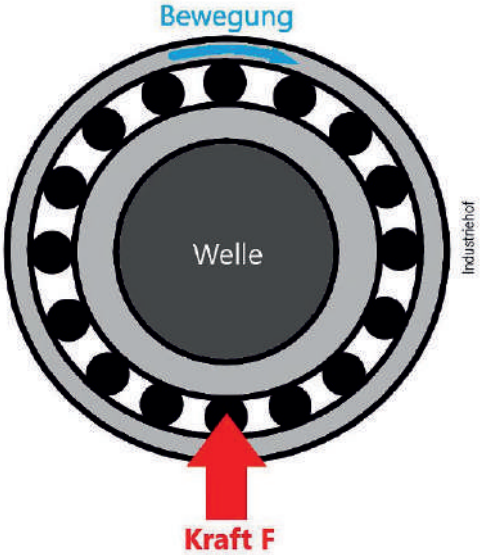
W technice łożyskowej stosuje się podstawowy podział na dwie grupy: łożyska ślizgowe i łożyska toczne.

1.1 Łożyska ślizgowe

Łożysko ślizgowe z reguły składa się z korpusu i umieszczonej w nim tulei ślizgowej. Korpus może być jedno- lub dwuczęściowy. W przypadku dwuczęściowego korpusu tuleja przeważnie jest umieszczona między dwiema połówkami osłony. W wersji jednoczęściowej tuleja jest wciśnięta do korpusu, aby zapewnić jej trwałą pozycję. Tuleja prowadzi wał i jednocześnie pełni rolę elementu ściernego. Oznacza to, iż ona pierwsza powinna ulec zużyciu, gdyż dzięki temu konieczna jest wymiana samej tulei, a nie całego łożyska. Tuleja ślizgowa często wykonana jest z miękkiego materiału, na przykład mosiądzu lub brązu. Niekiedy metale te są także zastępowane tzw. tworzywami spiekanymi. Takie tworzywo ma porowatą strukturę przypominającą gąbkę. Dzięki temu element może zostać dokładnie nasączony smarem, który jest stopniowo oddawany podczas pracy łożyska. Takie rozwiązanie pozwala znacznie wydłużyć żywotność tulei łożyska ślizgowego.
Łożyska ślizgowe znajdują zastosowanie w wielu urządzeniach. Charakteryzują się płynną pracą i prowadzą wał bardzo precyzyjnie. Dodatkowo ich montaż i demontaż jest znacznie łatwiejszy niż w przypadku łożysk tocznych. Łożyska ślizgowe są jednak przeznaczone raczej do zastosowań ze stałą lub niewielką prędkością obrotową. Dostępne są specjalne konstrukcje łożysk umożliwiające zastosowanie także przy większej liczbie obrotów i obciążeniach uderzeniowych. Są to hydrodynamiczne i hydrostatyczne łożyska ślizgowe. Wał porusza się tutaj w przestrzeni wypełnionej smarem. Z reguły łożyska takie znajdują zastosowanie w maszynach i urządzeniach przemysłowych. Nie nadają się one raczej do zastosowań w rolnictwie. Mimo to istnieje kilka rozwiązań, w których nadal wykorzystywane są łożyska ślizgowe. Ponieważ zasadniczo montaż łożysk ślizgowych polega jedynie na wsunięciu wału do tulei lub tulei do korpusu, jego dokładniejszy opis nie zostanie tutaj przedstawiony.

1.2 Łożyska toczne

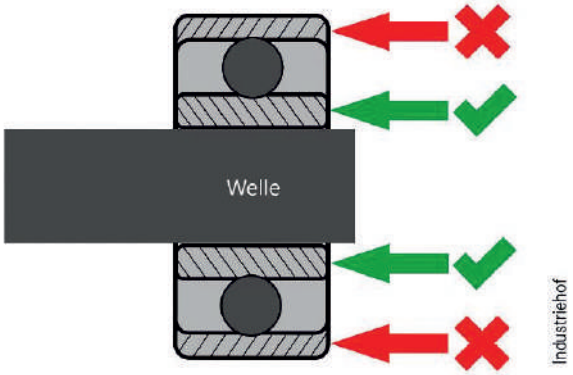
Łożyska toczne są z reguły skonstruowane w oparciu o określoną zasadę. Łożysko składa się z pierścienia zewnętrznego i wewnętrznego. Między pierścieniami, często w tzw. koszyku, obracają się elementy toczne, od których łożysko wzięło swoją nazwę. Istnieją wyjątki od tej zasady, na przykład łożyska igiełkowe, w których wał pełni jednocześnie funkcję pierścienia wewnętrznego. Dokładna nazwa łożyska tocznego jest uzależniona od kształtu elementów tocznych. Stosowane są łożyska kulkowe, walcowe, stożkowe, baryłkowe i igiełkowe. W ramach tych grup istnieją bardziej szczegółowe podziały. Niektóre z rozwiązań zostaną omówione później. Wiele współcześnie stosowanych w rolnictwie rodzajów łożysk tocznych nie wymaga konserwacji. Oznacza to, iż przez cały okres użytkowania łożyska nie ma konieczności jego smarowania. W przypadku niektórych wariantów od czasu do czasu należy dodawać odrobinę smaru, aby wypchnąć zanieczyszczenia z łożyska i utrzymać jego sprawność. Jeżeli czynność ta nie jest regularnie wykonywana, żywotność łożyska ulega znacznemu skróceniu. Łożyska wymagające uzupełniania smaru są wyposażone w smarowniczkę przy korpusie, przez którą można wtłoczyć smar pod ciśnieniem. Najlepiej przeprowadzić tę czynność przed rozpoczęciem codziennej pracy. Jeżeli producent nie podał informacji na temat ilości smaru (przeważnie w formie liczby „naciśnięć" smarownicy), należy podawać smar tyle razy, dopóki nie wypłynie on przez którąś ze szczelin. W ten sposób smar jest transportowany na zewnątrz i zabiera ze sobą zanieczyszczenia.



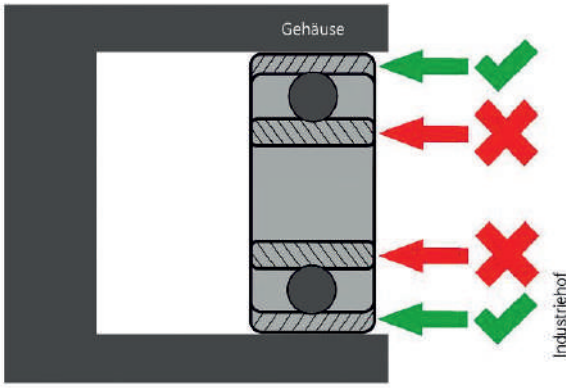
Widok boczny łożyska kulkowego. Pierścień wewnętrzny ma obciążenie punktowe, a pierścień zewnętrzny obciążenie obwodowe.

2. Montaż łożyska

Montaż łożysk ślizgowych przeważnie nie wymaga specjalnych umiejętność technicznych, ponieważ z reguły wystarczy połączyć komponenty ze sobą. Niekiedy może przydać się młotek. Zasadniczo montaż łożysk tocznych powinien być wykonywany przez specjalistę, niestety nie zawsze jest on dostępny, dlatego niekiedy zachodzi konieczność samodzielnego zamontowania łożyska. Czytelnik może się tutaj uśmiechnąć pod nosem i stwierdzić, że do tej czynności nie potrzeba fachowca, ale nie jest ona taka prosta, jak wydawałoby się na pierwszy rzut oka. Jakość i wariant łożyska odgrywają wprawdzie nadrzędną rolę przy określaniu wydajności i okresu użytkowania, ale także prawidłowy montaż może mieć znaczący wpływ na trwałość łożyska. Podczas montażu łożysk tocznych należy uwzględnić kilka aspektów. Najważniejszym z nich jest fakt, iż pierścienie łożyska tocznego, w zależności od rodzaju obciążenia, muszą być zamocowane ciasno lub luźno. Fakt ten często jest nieznany lub pomijany. Jeżeli pierścień (wewnętrzny lub zewnętrzny) ma obciążenie punktowe, tzn. siła działa zawsze na jedno miejsce w pierścieniu, wówczas pierścień może być luźno zamocowany. W takiej sytuacji stosuje się pasowanie luźne. Jeżeli pierścień ma obciążenie obwodowe, tzn. w wyniku rotacji siła działa stopniowo na wszystkie obszary pierścienia, musi on być zamocowany ciasno. Stosuje się wówczas pasowanie wciskowe. Ma ono zapobiec „wędrowaniu" pierścienia, czyli przesuwaniu się na wale. W najgorszym przypadku może to skutkować zużyciem wału. W większości sytuacji obowiązuje żelazna zasada: pierścień, który podczas pracy się porusza, ma obciążenie obwodowe i tym samym musi być zamocowany ciasno.



Montaż łożyska na wale. Siła może oddziaływać tylko na pierścień wewnętrzny!



Wciskanie łożyska w korpus. Siła może oddziaływać tylko na pierścień zewnętrzny!

Także sam montaż wymaga odpowiedniej wiedzy. Przykładowo siła potrzebna do wsunięcia pierścienia z pasowaniem wciskowym na wał lub do korpusu, może oddziaływać tylko na ten pierścień. Często nacisk obejmuje tutaj całe łożysko, czyli pierścień wewnętrzny i zewnętrzny jednocześnie. W wyniku tego działania elementy toczne naciskają na boczne ściany pierścieni, uszkadzając je. Powierzchnia toczna staje się nierówna, na skutek czego powstają opory i wibracje podczas ruchu tocznego. W konsekwencji łożysko traci płynność pracy, a jego wydajność ulega znacznemu obniżeniu, co w najgorszym razie może skutkować koniecznością wymiany po krótkim okresie eksploatacji. Na skutek wibracji w łożysku powstaje bowiem także ciepło. Uszkodzone łożysko toczne może w wyniku zwiększonych parametrów tarcia intensywnie się nagrzać. Ogrzanie zawsze skutkuje różnym stopniem rozszerzalności cieplnej poszczególnych komponentów. Prowadzi to do uszkodzenia pierścieni i może także spowodować uszkodzenie korpusu łożyska.
Teoretycznie przy demontażu łożyska tocznego obowiązuje ta sama zasada. Dotyczy to jednak tylko sytuacji, gdy łożysko ma być ponownie użyte. Zdarza się to wówczas, gdy łożysko utrudnia wyjęcie innego elementu i dlatego konieczne jest jego wymontowanie przed upływem okresu użytkowania. Z reguły po wymontowaniu nie używa się łożysk tocznych ponownie.
W ramach profesjonalnego montażu łożysk na wałach często stosowana jest tzw. nagrzewnica indukcyjna. Za jej pomocą łożysko jest nagrzewane przy użyciu indukcji, aby uległo rozszerzeniu cieplnemu jedynie w określonym zakresie. Po rozszerzeniu łożysko można wsunąć na wał z pasowaniem wciskowym bez konieczności użycia większej siły. Ważne jest, aby zrobić to zaraz po nagrzaniu, gdyż w wyniku schłodzenia przez powietrze i na zimnym wale łożysko z powrotem ulega skurczeniu. W przypadku bardzo ścisłego pasowania dodatkowo konieczne może być schłodzenie wału, aby ten uległ skurczeniu. Zasadniczo tę technikę montażu można także stosować przy użyciu ogólnie dostępnego sprzętu, jeżeli rozmiar komponentów na to pozwala. Przykładowo łożysko można nagrzać w piekarniku. Należy jednak uważać, aby nie nagrzać łożyska powyżej 110°C, gdyż może to skutkować jego uszkodzeniem! Wał można schłodzić np. w zamrażalniku do temperatury poniżej 0°. W przypadku takich skomplikowanych pasowań zaleca się raczej skorzystanie z pomocy specjalistycznego warsztatu lub przynajmniej fachowca w tej dziedzinie.

3. Rodzaje łożysk w rolnictwie

Po omówieniu najważniejszych zasad montażu łożysk zajmiemy się różnymi rodzajami łożysk stosowanymi w rolnictwie. Obecnie w większości przypadków stosuje się łożyska toczne. W niektórych obszarach nadal stosowane są jednak łożyska ślizgowe. W starszych modelach wałów uprawowych i urządzeń doczepianych można natrafić na egzotycznie wyglądające łożyska, na przykład z tuleją ślizgową z twardego drewna czy tworzywa sztucznego. Także w mieszalnikach często stosowane są łożyska ślizgowe, gdyż w tych urządzeniach można wykorzystać wszystkie zalety tej technologii.

3.1 Piasta rolnicza

Najpóźniej od momentu rozpoczęcia częstszego stosowania talerzy z zawieszeniem pojedynczym piasty rolnicze stały się niezastąpionym elementem w nowoczesnym rolnictwie. Składają się one z korpusu, który z jednej strony przechodzi w kołnierz z otworami, a z drugiej strony zakończony jest czopem wału. Wał ma z reguły specjalną geometrię łączenia z powierzchnią klucza. Ma ona zapobiegać ślizganiu się wału w uchwycie zawieszenia. Za łączeniem wału znajduje się gwint służący do zamocowania wału za pomocą nakrętki za uchwytem. W piastach stosowane są łożyska kulkowe skośne lub łożyska toczne stożkowe. Dzięki swojej konstrukcji mogą one przejmować siłę zarówno w kierunku osiowym, jak i współosiowym. Piasty rolnicze są wytrzymałe i przeważnie nie wymagają konserwacji. W zależności od producenta są one bardziej lub mniej uszczelnione. Przed zakupem należy wziąć pod uwagę fakt, w jakim środowisku piasta będzie pracować. W przypadku zastosowania przy gnojowicy zaleca się wybór piasty z uszczelką przeznaczoną do tego rodzaju środowiska. Standardowe uszczelki producentów często nie sprawdzają się w tym agresywnym medium, w wyniku czego już po krótkim okresie pracy łożysko może ulec uszkodzeniu. Technika ta sprawdziła się nie tylko w przypadku bron talerzowych. Krajaki, talerze karbowane, talerze osłaniające i inne talerze, także prowadzone w ustawieniu (ukośnie do kierunku jazdy), mogą być wyposażone w takie łożyska. Ponieważ rynek oferuje olbrzymi wybór talerzy, charakteryzujących się różnymi średnicami podziałowymi i otworami, niekiedy znalezienie odpowiedniej piasty do własnej maszyny stanowi nie lada wyzwanie. W takiej sytuacji warto skorzystać z pomocy usługodawców w zakresie części zamiennych, którzy oferują klientom usługi wiercenia w piastach rolniczych. Piasta jest wyposażana w odpowiedni zestaw otworów według życzenia klienta. Wariant ten często może być korzystniejszym finansowo i prostszym rozwiązaniem, gdyż umożliwia on zapewnienie dokładnego dopasowania, a oferowane łożyska są przeważnie wysokiej jakości.

Piasty rolnicze bez nawierceń do skonfigurowania przez klienta.

3.2 Łożysko kołnierzowe/łożysko napinające

Łożysko kołnierzowe/napinające często stosowane jest w zawieszeniu wału uprawowego na kultywatorach i pługach. Korpus łożyska jest kwadratowy lub owalny i w zależności od wariantu ma 2 lub 4 otwory nawiercone w kierunku osiowym. Często pierścień zewnętrzny łożyska tocznego ma wypukły kształt. Służy to zabezpieczeniu przed wysunięciem się. Z reguły łożysko jest przechylane pod kątem 90° do osi obrotu i wsuwane do korpusu. Następnie w ścianie obudowy o wklęsłym kształcie jest ono odchylane z powrotem, dzięki czemu nie może się przesunąć w uchwycie. Konstrukcja elementu jest prosta. Z reguły łożyska toczne są uszczelnione po obu stronach, aby zapobiec wnikaniu brudu między elementy toczne. Najpopularniejszym wariantem jest tutaj łożysko kulkowe rowkowe.

Łożysko kołnierzowe/napinające z czterema otworami i uszczelnionym łożyskiem kulkowym rowkowym

3.3 Łożysko z obudową stojącą

Konstrukcja łożysk z obudową stojącą jest podobna do łożysk kołnierzowych. Podstawową różnicę stanowi ułożenie łożyska. Ten wariant łożyska jest wyposażony tylko w dwa otwory, a samo łożysko jest ułożone współosiowo w stosunku do mocowania. Stąd nazwa tych łożysk. Technika łożyskowa znajduje zastosowanie także w urządzeniach doczepianych. W kopaczkach do ziemniaków łożyska te często służą do prowadzenia napędów taśmowych i rolek prowadzących. Podobnie jak w przypadku łożyska kołnierzowego należy tutaj pamiętać o tym, aby pierścień wewnętrzny miał pasowanie wciskowe, gdyż to on jest elementem, który się obraca.

Łożysko z obudową stojącą z uszczelnionym łożyskiem kulkowym rowkowym. Ciasne osadzenie wału zapewniają trzpienie gwintowane.

3.4 Łożysko z obudową czworokątną

Ten rodzaj łożyska składa się z otwartej po obu stronach obudowy, w której na wydrążonym wale umieszczone są dwa łożyska toczne stożkowe w przeciwnym ustawieniu. Pośrodku obudowy znajduje się ramię, które określa pozycję łożyska w obudowie. Boki obudowy są zamknięte pokrywami, z których wystaje wydrążony wał. Podczas montażu po obu stronach wału można założyć kołnierze, które odzwierciedlają geometrię łączenia narzędzi roboczych. Łożyska te są umieszczane na wale o przekroju kwadratowym razem z narzędziami roboczymi. Warto zwrócić uwagę, że wał służy jedynie do naciągu elementów. Dlatego wiele dostępnych obecnie łożysk tego rodzaju posiada okrągłą geometrię wewnętrzną zamiast kwadratowego otworu. Ze względu na dużą popularność krótkich bron talerzowych z pojedynczym zawieszeniem talerzy łożyska z obudową czworokątną zostały częściowo wyparte z rynku. Jednak nawet dzisiaj można jeszcze na nie trafić. Są one stosowane w bronach łopatkowych i w wielu szerszych urządzeniach doczepianych. Znajdują one także zastosowanie w większych i cięższych bronach talerzowych.

Łożysko z obudową czworokątną bez specjalnych kołnierzy przyłączeniowych. Często stosowane w bronach łopatkowych i bardzo krótkich/małych urządzeniach doczepianych.

4. Ostatnie wskazówki praktyczne

Na koniec warto wspomnieć, że jakość łożysk nie zawsze jest adekwatna do ich ceny. Na rynku są oczywiście dostępne wysokiej jakości zespoły łożyskowe znanych producentów, jak na przykład SKF, FAG, INA czy Schäffer, ale nie zawsze trzeba wybrać drogi „markowy model”, aby osiągnąć cel. Także w zakresie łożysk stosowanych w rolnictwie istnieje kilku wartych uwagi producentów, którzy specjalizują się w tym segmencie i projektują swoje produkty z przeznaczeniem do tych zastosowań. Łożyska produkowane w Europie Wschodniej są obecnie tak samo solidne i wytrzymałe, jak produkty marek północnoeuropejskich. Łożyska te pracują przecież w ekstremalnie trudnych warunkach w wielkich kołchozach na Białorusi czy Ukrainie. Jedynym mankamentem są nie zawsze pasujące gwinty łożysk. Jednak w takich przypadkach producenci często dołączają do zamówienia pasujące śruby i nakrętki, co niemal zawsze umożliwia zastosowanie elementu. Na koniec rada z własnego doświadczenia: gdy w gospodarstwie pojawia się nowa maszyna, należy ją przed pierwszym użyciem dokładnie nasmarować, gdyż często producenci – przeważnie ze względu na koszty – nie wypełniają korpusu łożyska smarem lub stosują zbyt małą jego ilość, w związku z czym bez dokładnego nasmarowania istnieje ryzyko większego zużycia.