

LOŽISKA KOL S DLOUHÝM INTERVALEM ÚDRŽBY JAKO REAKCE NA PRODLOUŽENÍ ŽIVOTNOSTI KOLA

WHEEL BEARINGS WITH A LONG MAINTENANCE INTERVAL AS A RESPONSE TO EXTENDING WHEEL LIFE

Ondřej NOVOTNÝ¹, Jan BABKA²

Abstrakt

Ložiska a železniční kola jsou velmi důležité konstrukční prvky železničního vozidla, které však podléhají opotřebení a vyžadují údržbu. Provozovatelé železničních vozidel se snaží snižovat náklady na údržbu, a proto požadují od výrobců vozů navyšování údržbových intervalů. Zvyšování údržbových intervalů sice snižuje náklady na údržbu, ale na druhé straně se zvyšuje riziko poškození ložiska nebo nadměrného opotřebení kola. Proto tento trend zvyšuje nároky na materiál železničních kol a celkovou koncepci ložiskového uzlu. Z hlediska ložiska to znamená, že je nutné provést modifikace vnitřní konstrukce a také zavést online monitorování, které sleduje chování ložiska během provozu vlaku. Příspěvek poukazuje na důležitost plánování údržbových intervalů železničního kola a ložiska s cílem harmonizovat tyto dva intervaly.

Klíčová slova

kolové ložisko, železniční kolo, údržbový interval, online monitorování

Abstract

Railway bearings and wheels are very important components of a railway vehicle that is subject to relatively rapid wear, which requires maintenance. The operators of rolling stock focus on the reduction of maintenance cost and call for extending of maintenance interval. The extension of maintenance interval reduces the service cost but in other hand it creates the risk of bearing damage and wheel wear. This trend increases requirements on the wheel material and also on the complete bearing arrangement. The internal design of bearing must be modified and online condition monitoring of bearing behaviour during train operation is required as well. The paper is focusing on the importance of bearing and wheel maintenance planning and their harmonization.

Keywords

wheel bearing, railway wheel, maintenance interval, online condition monitoring

1 ÚVOD

Tento příspěvek se věnuje problematice nápravových ložisek železničních kol a jejich vzájemnému vlivu na délku údržbového intervalu dvojkolí a podvozku. Na začátku je zmíněna současná situace trvanlivosti železničních kol u vybraných aplikací, která je porovnána s údržbovým

¹ Ing. Ondřej Novotný, Ph.D., SKF CZ, a.s. U Měšťanského pivovaru 7, 170 04 Praha 7. Tel: +420 234 642 108, e-mail: ondrej.novotny@skf.com

² Ing. Jan Babka, SKF CZ, a.s. U Měšťanského pivovaru 7, 170 04 Praha 7. Tel: +420 234 642 154, e-mail: jan.babka@skf.com

intervalem nápravových ložisek. Cílem je sjednocení těchto intervalů. To ovšem vyžaduje řadu změn, jako např. modifikování standardní konstrukce nápravových ložisek a zavedení nových konstrukčních prvků. Pro zajištění spolehlivosti ložisek při navýšení údržbového intervalu je také vhodné a často i nutné instalovat online monitorování stavu ložiska.

2 NÁPRAVOVÉ LOŽISKO A KOLO – SOUČASNÁ SITUACE

2.1 Aktuální stav trvanlivosti kol v různých aplikacích

Železniční kolo je jednou ze součástí železničního vozidla, které je vystaveno relativně rychlému opotřebení. Rychlost tohoto opotřebení může být do jisté míry snížena inteligentní reprofilací kol, ale nakonec je vždy nutné kolo vyměnit. Opotřebení do značné míry také závisí na kvalitě a přímosti železniční tratě. Opotřebení kol a interval výměny kola v dané aplikaci závisí tedy na výrobci kola, druhu železničního vozidla, způsobu jeho provozu, způsobu údržby dvojkolí a také na železniční trati. Zde je několik příkladů ilustrujících aktuální situaci intervalů výměny kola:

- v Německu se nyní standardně mění kola u vysokorychlostních vlaků po 1,65 mil. km,
- u čínských vysokorychlostních vlaků generace CRH je předpisový interval pro výměnu kol 2,4 mil. km, ale mění se ve skutečnosti až po 2,9 mil. km, přičemž pro generaci Fu Xing se dokonce uvažuje o intervalu přesahujícím 3 mil. km,
- ve Velké Británii a Austrálii vidíme tendenci prodlužovat interval výměny kol v některých vysokorychlostních aplikacích nad 1,6 mil. km,
- v aplikacích metra jsou také často údržbové intervaly kolem 1 mil. km,
- v nákladních aplikacích se již mluví o životnosti kol 1,2 mil. km.

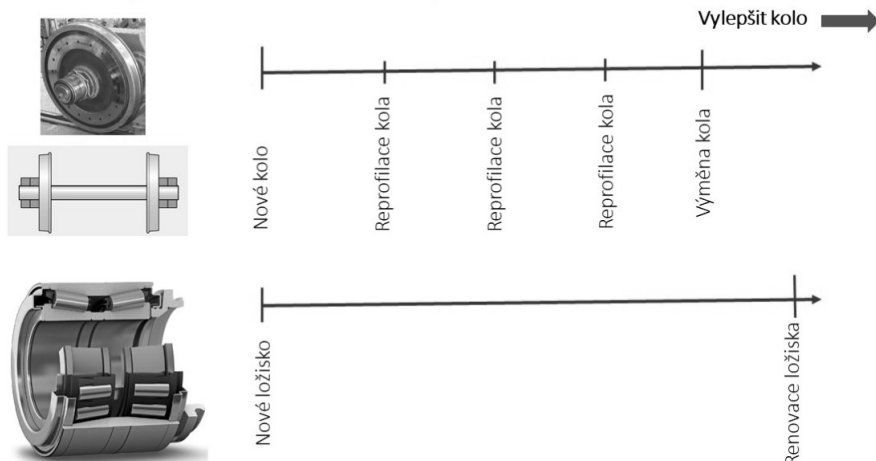
2.2 Harmonizace výměny kola a nápravových ložisek

Většina vlaků dnes používá tzv. „vnější uspořádání“ (outboard), což znamená, že nápravové ložisko je namontováno před kolem (vně). V tomto případě, pokud chceme demontovat kolo, musíme samozřejmě nejprve demontovat ložisko. Všichni renomovaní dodavatelé nápravových ložisek však předepisují, že pokud je ložisková jednotka demontována, nesmí být namontována znovu, ale musí před tím být renovována. To znamená, že optimální situace nastává, když se interval údržby ložiskové jednotky a výměny kola shoduje. Protože pouze tehdy může být ložisková jednotka i kolo vyměněno během jedné údržby. Pokud se interval údržby ložiskové jednotky a výměny kola neshoduje, mohou nastat dvě situace (v následujícím textu se pojmem „ložisko“ míní ložisková jednotka):

1. Interval výměny kola je kratší než interval údržby ložiska. V takovém případě je nutné zlepšit konstrukci, materiál nebo způsob údržby kol tak, aby byl prodloužen jejich interval výměny a bylo možné dosáhnout harmonizace intervalu výměny kola a ložiska.
2. Interval údržby ložiska je kratší než interval výměny kola. V tomto případě je nutné zlepšit ložisko tak, aby byl prodloužen interval jeho údržby a bylo možné dosáhnout harmonizace intervalu výměny kola a údržby ložiska.

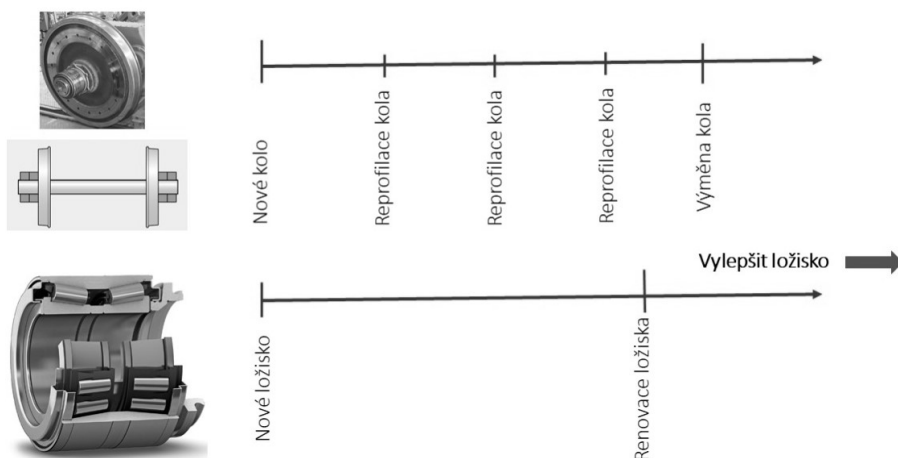
V následující řádkách se budeme zabývat druhou situací, tedy tím, jak lze ložisko vylepšit, aby byl prodloužen interval jeho údržby a abychom dosáhli harmonizace intervalu výměny kola a údržby ložiska, která přináší značné úspory nákladů na údržbu železničního podvozku.

Životnost kola je menší než údržbový interval ložiska



Obr. 1 Životnost kola je menší než údržbový interval ložiska

Životnost kola je větší než údržbový interval ložiska



Obr. 2 Životnost kola je větší než údržbový interval ložiska

3 VYLEPŠENÍ NÁPRAVOVÉHO LOŽISKA

Přesto, že železniční průmysl (na rozdíl od jiných průmyslových odvětví) stále vybírá a posuzuje nápravová ložiska především na základě parametru zvaného „únavová životnost L10“, který:

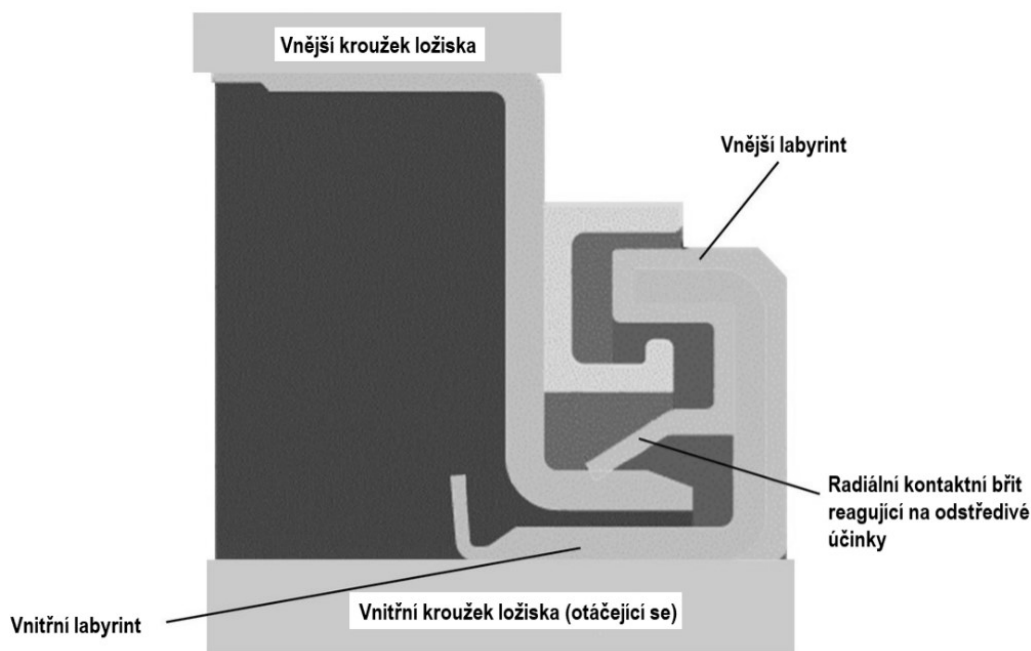
- bere v úvahu pouze jeden z možných degračních jevů, které mohou na ložisku nastat, a to únavu materiálu jako důsledek opakujícího se odvalování tělesa po povrchu jiného tělesa,

- se počítá pouze na základě dynamické únosnosti ložiska C [kN] a velikosti zatížení, dobře víme, že ložiska selhávají hlavně kvůli negativním důsledkům nedostatečného mazání. Proto, chceme-li prodloužit interval údržby ložiska, musíme se zaměřit především na dvě oblasti:

1. Prodloužení životnosti maziva.
2. Zajištění, aby v případě, že mazivo přestane plnit svoji funkci dostatečně – ložisko nebude poškozeno nebezpečným způsobem (např. prasknutím vnitřního kroužku).

Abychom tyto dva požadavky splnili, máme k dispozici celé portfolio nových technických řešení. Tato řešení dosud nebyla v oblasti nápravových ložisek použita. Jsou to například:

- snížené tření ve valivém kontaktu, což vede k nižší teplotě a následně k delší životnosti maziva,
- nová ložisková součást – zásobník maziva, který zvyšuje celkové množství maziva v ložisku až o 40 %, aniž by však ložisko bylo mazivem přeplněno,
- nový koncept těsnění s odstředivým břítem – toto těsnění pracuje při nižších rychlostech jako těsnění kontaktní, při vyšších rychlostech se však mění v labyrintové těsnění s nulovým třením,
- nové cementační tepelné zpracování ložiskových kroužků, které poskytuje kombinaci několika výhod,
- utěsněný střední kroužek zabráňující vnikání zplodin stykové koroze do vnitřního prostoru ložiska.



Obr. 3 Koncept těsnění s odstředivými bříty

Není vždy nutné využívat všechna výše uvedená revoluční řešení. Záleží na případě a na konkrétní aplikaci. Vždy je nutné posoudit situaci a navrhnout konstrukci ložiska na míru.

3.1 Jak postupovat při prodloužení intervalu údržby nápravového ložiska

Při prodlužování intervalu údržby můžeme být v podstatě ve dvou situacích:

1. Máme existující aplikaci a chceme zjistit, zda je možné prodloužit interval údržby pro aktuální verzi nápravového ložiska namontovaného na dvojkolí bez zvýšení počtu poruch. Samotný proces prodloužení intervalu údržby nápravového ložiska je popsán v normě EN 17023 E, přičemž SKF vyvinula vlastní praktickou metodiku založenou na této normě [1].
2. Máme stávající nebo zcela novou aplikaci a plánujeme zvýšit interval údržby použitím nápravového ložiska s revolučními technickými prvky. V takovém případě máme samozřejmě větší šanci na úspěch, protože ložisko s pokročilými technickými vlastnostmi se dokáže vyrovnat s dlouhým intervalem údržby lépe než ložisko tradiční konstrukce.

3.2 Jak může být spolehlivost nápravového ložiska podpořena při prodloužení jeho intervalu údržby

Musíme si uvědomit, že prodloužením intervalu údržby zpozdíme proces renovace. To znamená, že odložíme jedno z důležitých bezpečnostních opatření, které je schopno včas odhalit možné počínající poškození ložiska. Proto je velmi důležité přemýšlet o dalších bezpečnostních opatřeních, které by fungovaly v průběhu používání nápravového ložiska v aplikaci. To nás přivádí k průběžnému sledování stavu ložiska. Pro opravdu velké prodloužení intervalu údržby ložisek (o více než 20 %) je použití průběžného sledování stavu ložiska CoMo (Condition Monitoring) naprostou nutností. SKF vyvinula pro online monitorování dva výrobky, které mají označení SKF Insight Rail a Imx-Rail [2]. Výběr vhodného zařízení záleží na faktorech jako jsou:

- typ aplikace (nákladní, osobní vozy, metra, rychlovlaky, lokomotivy atd.),
- co vše má být monitorováno (kolové ložisko, převodovka a trakční motor),
- možnost instalace kabelů podle typu podvozku a skříně,
- cena.

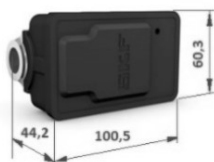
SKF Insight Rail je relativně malé zařízení (100,5 x 60,3 x 44,2 mm), které je připevněno jedním šroubem na čelo předního víka nápravové skříně. Toto zařízení umožňuje snímat teploty a vibrace, které jsou bezdrátově posílány do datového úložiště (cloudu). Instalace je velmi jednoduchá a nevyžaduje žádné propojovací kabely.

SKF Imx-Rail je větší zařízení (260 x 160 x 90 mm) s několika vstupy, které je upevněno na podvozku. Jednotlivé měřicí body jsou vybaveny snímači a pomocí kabelů jsou signály vedeny do centrálního boxu. Odtud jsou informace o stavu ložisek pomocí bezdrátové technologie posílány do datového úložiště (cloudu).

Vyhodnocování a analýza všech naměřených dat se provádí v centrálním středisku (back office). Proces získávání informací o stavu ložisek je ukázán na obrázku 5 [2].

SKF Insight Rail a Imx-Rail

Insight Rail

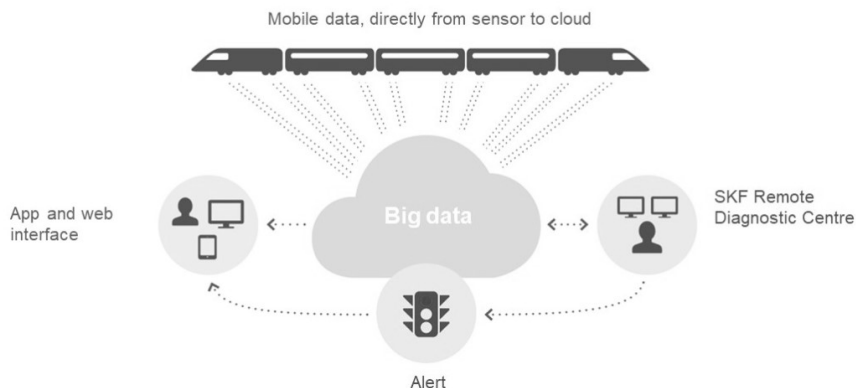


Imx-Rail



Obr. 4 SKF Insight Rail

System set-up



Obr. 5 Proces získávání informací o stavu ložisek

3.3 Jak nastavit obchodní modely pro nové generace pokročilých nápravových ložisek

Lze snadno prokázat, že výše popsaná ložiska s pokročilými prvky přinášejí dlouhodobě značné úspory, zejména snížením počtu návštěv vlaků v depu z důvodu údržby. Nicméně tato pokročilá ložiska mají poměrně vyšší počáteční nákupní náklady. Proto je vhodné při jejich nasazení využít nových netradičních komerčních modelů založených na OPEX (operating expense), namísto modelů CAPEX (capital expence).

4 ZÁVĚR

Stejně jako všechny oblasti techniky, vyvíjejí se rychle i železniční kola a ložiska železničních náprav. Bezpodmínečně požadovanými parametry obou těchto výrobků jsou spolehlivost a co nejnižší možné náklady vynaložené během jejich životnosti (náklady na životní cyklus, LCC). V oblasti ložisek železničních náprav bylo v poslední době dosaženo významných úspěchů při vývoji nových technických řešení. Taková ložiska zajišťují spolehlivé dosažení velmi dlouhých intervalů údržby. To umožňuje harmonizaci intervalu výměny kola a údržby ložiska, která vede ke značným úsporám v údržbě železničních vozidel. Aby byla současně zachována spolehlivost požadována železničním průmyslem, je nutné zachovat bezpečnostní bariéry v systému, například ve formě monitorování stavu ložisek.

Financování použití pokročilých nápravových ložisek je pak možné prostřednictvím netradičních komerčních modelů.



Literatura

- [1] MARTINETTI, M. *Maintenance interval extension for railway wheel-set bearings*. Venice: XIX. International Wheelset Congress, 16.–20.06. 2019.
- [2] SKF. Marketingové materiály.