

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní



Jiří LEDVINA

**SDRUŽENÉ LOŽISKOVÉ JEDNOTKY
MOTOROVÝCH VOZIDEL**

Bakalářská práce

2005

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program B2341 – Strojírenství

Studijní obor: 2302R022 Stroje a zařízení

Zaměření: Dopravní stroje a zařízení

Katedra strojů průmyslové dopravy

Sdružené ložiskové jednotky motorových vozidel

Integrated Bearing Units

Jiří LEDVINA

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Jan Honců, CSc.

Konzultanti bakalářské práce:

Ing. Jan Novák

doc. Dr. Ing. Pavel Němeček

Počet stran: 41

Počet příloh: 0

Počet obrázků: 25

Počet tabulek: 1

Počet výkresů: 0

Datum odevzdání: 27.5.2005

ANOTACE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra strojů průmyslové dopravy

Studijní program: B2341 Strojírenství
Bakalář: Jiří LEDVINA
Téma práce: Sdružené ložiskové jednotky motorových vozidel
Theme of work: Integrated bearing units for motor vehicles
Číslo BP: KSD - 100
Vedoucí BP: prof. Ing. Jan Honců, CSc.
Konzultant: Ing. Jan Novák
doc. Dr. Ing. Pavel Němeček

Stručný obsah:

Tato bakalářská práce se zabývá rozбором klasického uložení valivých ložisek u motorových vozidel, dále příčinami jejich předčasného selhání. Dále jsou vysvětleny výhody ložiskových jednotek, jejich konstrukce a uvedeno spektrum jejich využití.

Summary:

This Bachelor of science work deals with the conventional attachment of roller bearings for motor vehicles, further with causes of their early malfunction. This work explains advantages of the integrated bearing units, their construction and their domain of utilisation.

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo) a § 35 (o nevýdělečném užití díla k vnitřní potřebě školy).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užití své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci 27. 5. 2005

.....
Jiří LEDVINA

Místopřísežné prohlášení

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.“

V Liberci 27. 5. 2005

.....
Jiří LEDVINA



Poděkování

Děkuji především bývalému vedoucímu této bakalářské práce, zesnulému panu prof. Ing. Štěpánu Benešovi, CSc. za poskytnutý čas, odborné rady a usměrnění práce.



OBSAH

OBSAH	7
POUŽITÉ ZKRATKY A SYMBOLY	9
1 ÚVOD	10
2 VŮLE	11
3 KONSTRUKCE LOŽISKA	13
4 ZATÍŽENÍ LOŽISEK	13
5 VÝPOČTY	13
5.1 Trvanlivost	13
5.1.1 Rovnice trvanlivosti	14
5.2 Základní dynamická únosnost	15
6 ŽIVOTNOST LOŽISKA	16
7 MAZÁNÍ VALIVÝCH LOŽISEK A JEHO DRUHY	16
7.1 Mazání plastickými mazivy	17
7.1.1 Domazávací interval	17
7.1.2 Plastické mazivo pro valivá ložiska	18
7.2 Mazání olejem	19
7.2.1 Způsoby mazání olejem	20
7.3 Mazání pevným mazivem	21
8 POŠKOZENÍ VALIVÝCH LOŽISEK	21
8.1 Druhy poškození valivých ložisek a jejich příčiny	21
8.2 Příklady poškození	23
9 LOŽISKOVÉ JEDNOTKY	28
9.1 Ložiskové jednotky pro kolejová vozidla	28
9.2 Ložiskové jednotky pro potravinářský průmysl	35
9.3 Ložiskové jednotky pro silniční vozidla	36
10 ZÁVĚR	40



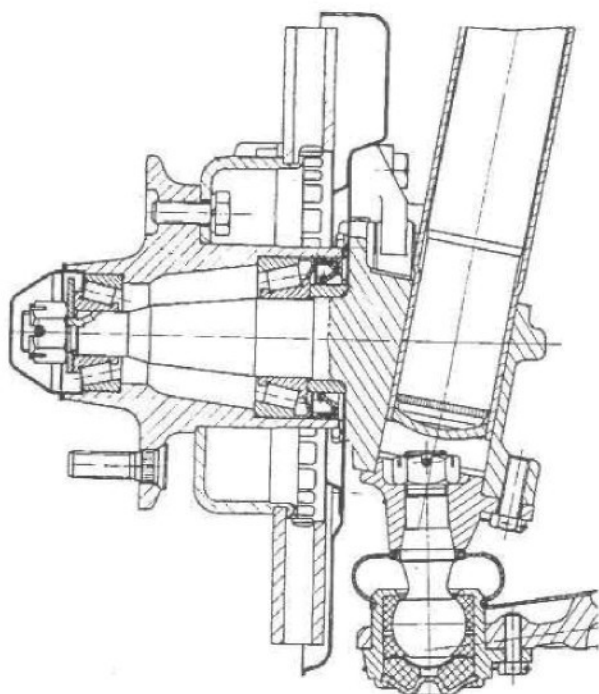
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	41
--	-----------

**POUŽITÉ ZKRATKY A SYMBOLY**

L	[10^6 ot]	základní trvanlivost ložiska
L_h	[h]	trvanlivost ložiska
L_{km}	[10^6 km]	trvanlivost ložiska
L_{10osc}	[miliony cyklů]	trvanlivost ložiska
C	[N]	základní dynamická únosnost ložiska
P	[-]	ekvivalentní dynamické zatížení ložiska
p	[-]	mocnitel: pro kuličková ložiska $p=3$ pro ostatní ložiska $p=10/3$
D	[m]	průměr kola
n	[min^{-1}]	otáčky
např.		například
č.		číslo
obr.		obrázek
tab.		tabulka
AAR		American Association of Railroads (Americká železniční asociace)
(C)TBU		Compact Transportation Bearing Units (kompaktní ložiskové jednotky)
ERTMS		European Railway Traffic Management System (Evropský systém železniční dopravy)
SCMT		Sistem Controllo Movimentazione treno (Italské systémy automatického řízení vlaků)

1 ÚVOD

Pro volbu ložiska a uložení jsou ve většině případů rozhodující celkové náklady zahrnující cenu ložiska, náklady na montáž, a náklady na provoz a údržbu. V současné době již klasická uložení (viz obr. 1.) nevyhovují nárokům na bezporuchový a bezobslužný chod. Příčinou jsou časté chyby vznikající při montáži, údržbě, výměnách a seřizování. Vzniklé vůle pak snižují přesnost uložení, trvanlivost, či zvyšují hlučnost uložení. Proto se stále více používají integrované ložiskové jednotky, které výše uvedené nedostatky překonávají. Jejich montáž je jednodušší a údržba nepatrná nebo vůbec žádná, čímž se celkové náklady snižují.



Obr. 1. Klasické uložení
předního kola automobilu
Tatra 613



2 VŮLE

Na začátek stručně objasníme pojem vůle. U ložisek rozlišujeme vůli **výrobní** a **montážní**. Výrobní vůli navrhuje konstruktér a závisí na přesnosti výroby. Montážní vůle vzniká při namontování ložiska na hřídel a zpravidla závisí na zručnosti pracovníka. Uložené ložisko pak funguje s **provozní** vůlí, která je výsledkem montážní a výrobní vůle.

Výrobní vůle v ložisku je určena délkou posunutí jednoho kroužku vzhledem k druhému z jedné krajní polohy do druhé. Toto posunutí může být ve směru **radiálním** (radiální vůle) nebo **axiálním** (axiální vůle).

Pro spolehlivý chod radiálního ložiska má rozhodující vliv radiální vůle. Zamontované ložisko má vždy menší vůli, než je výchozí vůle ložiska nezamontovaného. Zmenšení radiální vůle je dáno velikostí přesahů ložiskových kroužků na čepu a v díře, závisí tedy na volbě tolerancí uložených ploch pro ložiska.

V provozu nastane změna radiální vůle, především její zmenšení, vlivem provozního teplotního spádu mezi vnitřním kroužkem a zpravidla lépe chlazeným vnějším kroužkem. Změnu radiální vůle ovlivňují dále pružné deformace způsobené zatížením a okolní zdroje tepla. Směrodatný je stav ložiska při ustálených provozních vlivech. U kuličkových ložisek má být ustálená provozní vůle téměř nulová. Malé předpětí mezi kuličkami a oběžnými drahami nemívá zpravidla škodlivý vliv. Válečková, kuželíková a soudečková ložiska mají větší tuhost, a proto mají mít malou provozní vůli, která je nutná pro bezpečný a spolehlivý chod, hlavně při těžších pracovních podmínkách. Jsou-li požadavky na zvláště vysokou tuhost uložení, např. u obráběcích strojů, montují se válečková nebo kuželíková ložiska s předpětím.



Všechna ložiska, u nichž je radiální vůle určena rozměry oběžných drah, se vyrábějí s normální radiální vůlí, která je o něco větší než vůle, kterou má mít ložisko v provozu. U ložisek normálního provedení je radiální vůle stanovena tak, že se jeden z ložiskových kroužků může uložit pevně, což je dostačující pro většinu provozních poměrů.

Při volbě vůle odlišné od normální je třeba postupovat opatrně a zvážit vliv provozních podmínek za ustáleného provozního stavu. Radiální vůle menší než normální se volí poměrně zřídka, např. u válečkových ložisek pro vřetena obráběcích strojů. Častěji se vyskytují případy, kdy je třeba volit ložiska s radiální vůlí větší než normální. Je to zejména při překročení mezních otáček, při vyšším teplotním spádu mezi vnitřním a vnějším kroužkem a konečně pro zvýšení axiální zatížitelnosti jednořadých kuličkových ložisek.

Příliš malá, ale i příliš velká radiální vůle má nepříznivý vliv na chod a trvanlivost valivého ložiska. Malá vůle však může vést k jeho rychlejšímu poškození. Jsou-li provozní tepelné poměry v ložisku nejasné, je bezpečnější volit poněkud větší radiální vůli, která se může v krajním případě projevit v malém zmenšení trvanlivosti ložiska, což je zanedbatelné.

3 KONSTRUKCE LOŽISKA

Valivé ložisko se skládá ze 4 základních částí:



Obr. 2.

- 1) Vnitřní kroužek
- 2) Vnější kroužek
- 3) Valivá tělesa
- 4) Klec ložiska

4 ZATÍŽENÍ LOŽISEK

U valivých ložisek rozeznáváme **dynamické** zatížení a **statické** zatížení. Při dynamickém zatížení se zatížené ložisko otáčí, při statickém je ložisko zatíženo v klidu nebo při pomalém pohybu. V prvním případě je pro výpočet rozhodující trvanlivost ložiska, v druhém případě trvalé deformace na funkčních plochách ložiska.

5 VÝPOČTY

5.1 Trvanlivost

Trvanlivostí ložiska rozumíme počet otáček (nebo dobu chodu v provozních hodinách při dané frekvenci otáčení), které ložisko vykoná, než se objeví první známky únavy materiálu (vydrolení) na valivých tělesech nebo oběžných drahách. Mezi ložisky stejného typu a velikosti mohou však být značné rozdíly.



Z tohoto důvodu byl pojem trvanlivosti pro výpočet jednoznačně určen a se zřetelem na provozní bezpečnost byla za základ vzata základní trvanlivost – v souladu s doporučením ISO tj. trvanlivost, které dosáhne nebo ji překročí 90% většího počtu stejných ložisek při stejných provozních podmínkách.

Pod pojmem trvanlivost rozumíme dobu chodu ložiska až do jeho vyřazení pouze v důsledku dynamické únavy materiálu kroužků nebo valivých těles; nezahrnujeme sem vyřazení ložiska nepředvídatelnými příčinami, jako jsou nesprávné mazání, vniklé nečistoty a vlhkost, popř. nevhodná konstrukce uložení nebo neodborně provedená montáž.

5.1.1 Rovnice trvanlivosti

Vztah mezi základní trvanlivostí, základní dynamickou únosností a zatížením ložiska vyplývá z rovnice trvanlivosti platné pro všechny typy ložisek

$$L = (C / P)^p ; C / P = L^{1/p}$$

Podle této rovnice se dá vypočíst potřebná základní dynamická únosnost ložiska C, je-li známo ekvivalentní zatížení P a určitá požadovaná trvanlivost ložiska.

Zpravidla bývá počet otáček neproměnný, a je proto výhodnější vyjádřit trvanlivost v provozních hodinách podle upravené rovnice trvanlivosti

$$L_h = (C / P)^p \cdot (10^6 / 60n)$$

Z poměru C/P lze při známém vypočteném ekvivalentním zatížení ložiska P opět vypočíst potřebnou základní dynamickou únosnost C.

Trvanlivost ložisek u uložení náprav silničních a kolejových vozidel se často vyjadřuje v jízdních kilometrech

$$L_{km} = (\pi D / 1000) \cdot (C / P)^p$$

5.2 Základní dynamická únosnost

Základní dynamická únosnost C je takové neproměnné zatížení, za jehož působení dosáhne větší skupina zcela stejných ložisek základní trvanlivosti jednoho miliónu otáček. U radiálních ložisek se základní dynamická únosnost vztahuje na neproměnné čistě radiální zatížení a otáčející se vnitřní kroužek a u axiálních ložisek na neproměnné čistě axiální zatížení.

Způsobů, jak se dají počítat trvanlivosti ložisek je mnohem více (pro kombinované zatížení, proměnné zatížení, či pro kyvné pohyby), ale pro tento účel je zde není třeba uvádět. Pro představu o životnosti zde uvádím tabulku hodnot životnosti ložisek pro kolejová a silniční vozidla:

Tab. 1. Směrné hodnoty základních trvanlivostí v kilometrech

Vozidla	základní trvanlivost L_{km}
osobní vozy	150 000
nákladní vozy	200 000 až 300 000
nápravová ložiska pro:	
nákladní železniční vozy	800 000
elektrické pouliční dráhy	1 500 000
osobní železniční vozy	3 000 000
lokomotivy	3 000 000 až 5 000 000



6 ŽIVOTNOST LOŽISKA

Pod pojmem životnost ložiska zahrnujeme dobu chodu ložiska až do jeho vyřazení i z jiných příčin, než je únava materiálu. Ložisko může být vyřazeno např. pro ztrátu požadovaných vlastností, opotřebení nebo i předčasnou únavu, vyvolanou nepříznivými provozními vlivy, jako nedostatečným mazáním, korozí, montážními chybami apod. Životnost ložiska je zpravidla menší než základní trvanlivost stanovená výpočtem. Opotřebení ložiska a tím i zvětšení provozní vůle je způsobeno především nečistotami, které vniknou do ložiska, korozí a chybným nebo nedostatečným mazáním. Při různých provozních podmínkách a rozmanitém použití ložisek není možno předem určit vliv provozních podmínek, zejména opotřebení, na skutečnou životnost ložiska.

7 MAZÁNÍ VALIVÝCH LOŽISEK A JEHO DRUHY

Úlohou mazání valivých ložisek je vytvoření stabilního nosného mazacího filmu ve styku valivých těles na funkčních plochách klece. Mazivo chrání též ložisko před korozí a zlepšuje jeho utěsnění. Všechny druhy valivých ložisek mohou být mazány plastickým mazivem nebo olejem, kromě axiálních soudečkových ložisek, která musí být mazána pouze olejem. Vyhovuje-li provozním poměrům a druhu ložiska plastické mazivo i olej, dává se přednost zpravidla mazání plastickým mazivem, protože umožňuje jednodušší uspořádání uložení.

Způsob mazání závisí vždy na provozních poměrech, přičemž je třeba vzít v úvahu: teplotu, otáčky, velikost ložiska, zatížení, požadavky na těsnění, hospodárnost..



Každé mazivo má příznivé vlastnosti jen v určitém rozsahu teplot, a proto je pro volbu maziva rozhodující především provozní teplota ložiska.

V ložisku má být jen poměrně malé, nezbytně nutné množství maziva. Přemazané ložisko má vyšší tření, a tím i vyšší teplotu.

7.1 Mazání plastickým mazivem

Mazání plastickými mazivy je výhodné z hlediska utěsnění ložisek proti nečistotě a vlhkosti a pro snadnou obsluhu. Většinou pro tento způsob mazání vyhovuje šterbinové těsnění nebo plstěné těsnění. V provozu nevyžadují plastická maziva žádnou zvláštní kontrolu, a proto se jich běžně užívá při normálních provozních podmínkách.

Při první montáži se ložisko naplní plastickým mazivem. Prostory po obou stranách tělesa se mohou naplnit mazivem jen do poloviny, protože velké množství maziva by způsobilo zvýšení teploty, a tím i jeho předčasné znehodnocení.

7.1.1 Domazávací interval

Domazávací období je čas, pro který má plastické mazivo potřebné mazací vlastnosti a po jehož uplynutí je nutné ložisko znovu namazat. Použité mazivo má být při domazávání z tělesa i ložiska zcela odstraněno.

Při pravidelném domazávání v kratších intervalech je výhodné upravit přívod maziva tak, aby čerstvé mazivo vniklo snadno dovnitř ložiska a ihned mazalo. U rychloběžných ložisek se prostor ve víku rozděluje radiálními žebry, která zabraňují rotaci maziva a usměrňují jeho přívod do ložiska. Při častém domazávání je třeba po určité době odstranit použité mazivo z prostoru tělesa nebo použít s výhodou odstříkovače maziva, který samočinně při domazávání odstraňuje použité a přebytečné plastické



mazivo. Mazivo se přivádí do ložiska na opačné straně od odstřikovače. Přívod maziva do ložiska je usměrňován radiálními žebry ve víku. Při montáži je nutno vyplnit prostor mezi žebry plastickým mazivem. Domazávání je možné provádět za klidu, výhodnější je však, doplňuje-li se mazivo za chodu.

Domazávací období je závislé především na druhu a velikosti ložiska, otáčkách, provozní teplotě a jakosti maziva.

Domazávací období jsou z hlediska bezpečnosti provozu stanovena tak, že jsou kratší, než je trvanlivost maziva.

7.1.2 Plastická maziva pro valivá ložiska

Plastická maziva jsou konzistentní nebo polotekuté produkty disperze zahušťovadla v kapalném mazivu, popř. s dalšími přísadami. Kapalnou složkou jsou převážně minerální oleje, zahušťovadlem zpravidla kovová mýdla mastných kyselin.

Plastická maziva používaná pro mazání valivých ložisek musí mít především dobrou mazací schopnost a vysokou chemickou, tepelnou a mechanickou stabilitu. Mohou být odolná proti vodě nebo mohou mít schopnost ji vázat vytvořením emulze.

Z hlediska základních funkčních vlastností rozlišujeme tyto hlavní typy mazacích tuků:

Tuky vápenaté – mají poměrně nízký bod skápnutí (75 až 95 °C) a při jeho překročení se rozloží. Použitelnost je omezena nejvýše do 70 °C. Jsou velmi odolné proti vodě a mechanickému hnětení. Nejsou příliš stálé, a proto nejsou vhodné pro dlouhodobé použití.



Tuky sodné – mají bod skápnutí v oblasti 140 až 200°C. Při překročení bodu skápnutí se roztaví a po zchladnutí opět ztuhnou na původní konzistenci. Mohou vázat určité množství vody, s níž emulgují, aniž se podstatně ovlivní jejich mazací schopnost. Jsou značně chemicky stálé, a proto vhodné pro dlouhodobé použití. Větší množství vody je však škodlivé, protože se tuk vyplavuje.

Tuky litné – mají bod skápnutí kolem 170 °C. Vynikají malou změnou konzistence s teplotou a jsou značně chemicky stálé. Jsou odolné vůči vodě, a proto musí obsahovat ochranné látky proti korozi.

Komplexní tuky vápenaté – spojují do značné míry přednosti tuků vápenatých i sodných. Mají bod skápnutí nad 200 °C a jsou odolné vůči vodě i mechanickému hnětení. Mají širokou oblast uplatnění.

Vzájemné míchání plastických maziv se obecně nedoporučuje.

7.2 Mazání olejem

Mazání olejem se stává nezbytným:

- jsou-li otáčky tak velké, že se domazávací lůžky pro mazání tukem příliš zkracují
- je-li provozní teplota ložiska tak vysoká, že mazat tukem nelze
- je-li třeba odvádět z ložiska teplo způsobené třením nebo vnějšími zdroji
- jsou-li sousední části již mazány olejem (např. ozubená kola)

Při olejovém mazání musí být zajištěn plynulý přívod oleje do ložiska při rozběhu, v provozu a po zastavení stroje. Množství obíhajícího oleje musí být dostatečné, aby mazání bylo plně zajištěno.



Nadměrné množství oleje zvyšuje zbytečně jeho teplotu i teplotu ložiska. Při olejovém mazání jsou mezní otáčky valivých ložisek vyšší než při mazání plastickými mazivy.

7.2.1 Způsoby mazání olejem

Mazání olejovou lázní se používá pouze při nižších rychlostech ložisek u vodorovných i svislých hřídelů. Hladina olejové lázně se má udržovat ve výši středu spodního valivého tělesa. Ložiskové těleso má mít spolehlivý olejoznak.

Mazání oběhem oleje je nutné při vysokých otáčkách nebo u svislých hřídelů. Při mazání oběhem oleje uvnitř ložiskového tělesa se olej, rozstříknutý rotujícím kotoučem, shromažďuje a přivádí zpět do ložiska. K mazání valivých ložisek lze též použít oleje rozstříknutého ozubenými koly. Intenzivnějšího oběhu oleje a tím i chlazení ložiska se dosáhne oběhovým mazáním pomocí čerpadla. U svislých hřídelů se dosáhne oběhu oleje rotujícím kotoučem na spodním konci hřídele.

Mazání vstřikováním oleje do ložisek zabezpečuje nejen dostatečné množství mazacího oleje v ložisku, ale současně i odvod tepla vzniklého třením. Olej se vstřikuje velkou rychlostí do ložisek jednou tryskou nebo více tryskami a odpadovými kanály odvádí zpět.

Mazání olejovou mlhou spočívá v tom, že se k valivým ložiskům přivádí stlačeným vzduchem velmi jemně rozprašený olej. Olejová mlha se vytváří v rozprašovači oleje a vede potrubím k jednotlivým ložiskům. Stlačený vzduch musí být bezpodmínečně prost nečistot a vlhkosti. Proudící vzduch ochlazuje ložiska a přetlak v ložiskovém tělese chrání ložiska proti vnikání nečistot. Tento způsob mazání se hodí dobře pro rychloběžná uložení nebo pro mazání těžko přístupných ložisek. Používá se oleje o viskozitě 30 až 50 mm²/s (4 až 7 °E) při 50 °C. U větších ložisek lze s výhodou kombinovat mazání plastickým mazivem s mazáním olejovou mlhou.



7.3 Mazání pevným mazivem

Pevná maziva jsou doplňkem maziv kapalných a plastických zejména tam, kde tato maziva nemohou splnit mimořádné požadavky na protiotěrové vlastnosti v podmínkách mezního tření nebo na odolnost vůči velmi vysokým teplotám, chemickým vlivům apod. Aplikace pevných maziv je možná také ve formě suspenzí v mazacích olejích nebo směsi s některými mazacími tuky. Pro valivá ložiska, která se jen nepatrně otáčejí, lze použít výjimečně, např. při velmi vysokých teplotách, roztoku koloidního grafitu v petroleji. Práškovitého sirníku molybdeničitého (obchodní název Molyka FF), který se nanese na funkční plochy valivých ložisek, např. v uložení kol pecních vozíků.

8 POŠKOZENÍ VALIVÝCH LOŽISEK

V případě nekvalitní montáže, nedostatečné údržby, překračování životnosti, nedostatečném mazání, špatné konstrukce či výrobní vady pak dochází k poškození valivých ložisek:

8.1 Druhy poškození valivých ložisek a jejich příčiny

1) Odlupování povrchu oběžných drah (viz obr. 3,4)

Příčina : Únava materiálu

2) Současné odlupování protilehlých míst na oběžné dráze

Příčina : Tvarová deformace kroužků při montáži na oválný hřídel

3) Odlupování okrajů oběžné dráhy

Příčina : Nadměrný ohyb hřídele



4) Průběžná trhlina v kroužku (viz obr. 6,7)

Příčina : Velmi pevné nasazení, deformace nárazem

5) Praskliny kolmé na oběžnou dráhu (viz obr. 6)

Příčina : Násilná montáž, špatné podepření kroužku, přetížení ložiska

6) Matové, poškozené oběžné dráhy (viz obr. 8)

Příčina : Vyběhání způsobené znečištěním maziva

7) Jamky na oběžné dráze v rozteči valivých těles (viz obr. 9, 10)

Příčina : Vibrace ložiska, které se občas otáčí, úder při montáži, přetížení

8) Vyštípnuté ložisko (viz obr. 11)

Příčina : Vniknutí cizího tělesa do ložiska, silný úder, náhlé přetížení

9) Zbarvení oběžných drah, zmenšení tvrdosti

Příčina : Přetížení ložiska, přehřátí vlivem vysokých otáček

10) Skvrny ve vzdálenosti rozteče valivých těles

Příčina : Kyselina a voda v mazivu ložiska, které dlouho nepracovalo

11) Stopy koroze na povrchu ložiska (viz obr. 5)

Příčina : Kyselina a voda v mazivu

12) Nenormální zvýšení teploty při chodu ložiska

Příčina : Husté mazivo, nedostatečná radiální vůle, poškození oběžných drah

13) Zlomení klece nebo trhliny v kleci

Příčina : Nedostatek maziva, násilná montáž, zkroucení ložiska

14) Opotřebení hřídele

Příčina : Prokluzování ložiska při volném lícování

8.2 Příklady poškození



Obr. 3.

Odlupování
povrchu
oběžných
drah na
vnějším
kroužku
kuličkového
ložiska



Obr. 4.

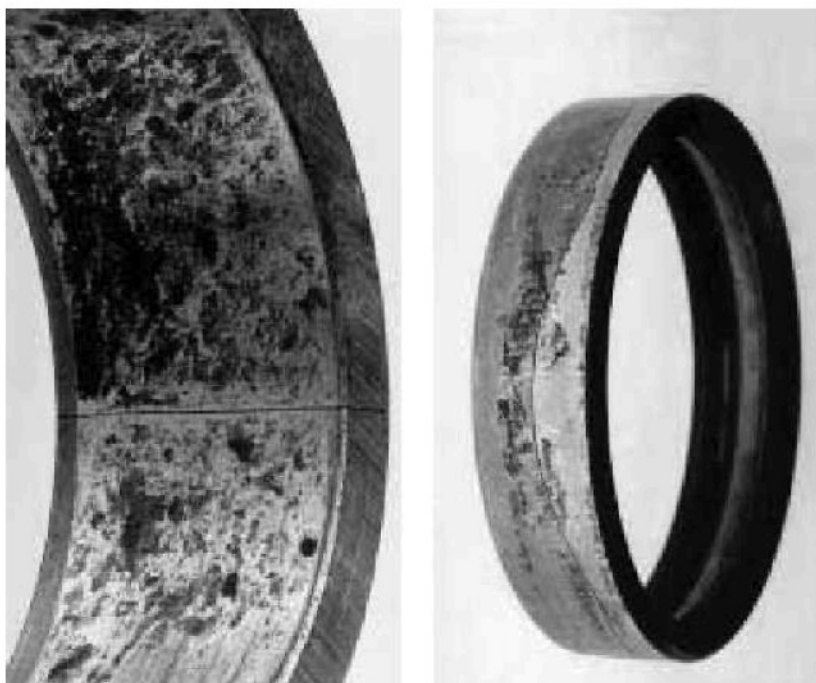
Odlupování povrchu
oběžných drah na
jednořadém
soudečkovém ložisku



Obr. 5.

◀◀ Koroze na
povrchu vnitřního
kroužku válečkového
ložiska

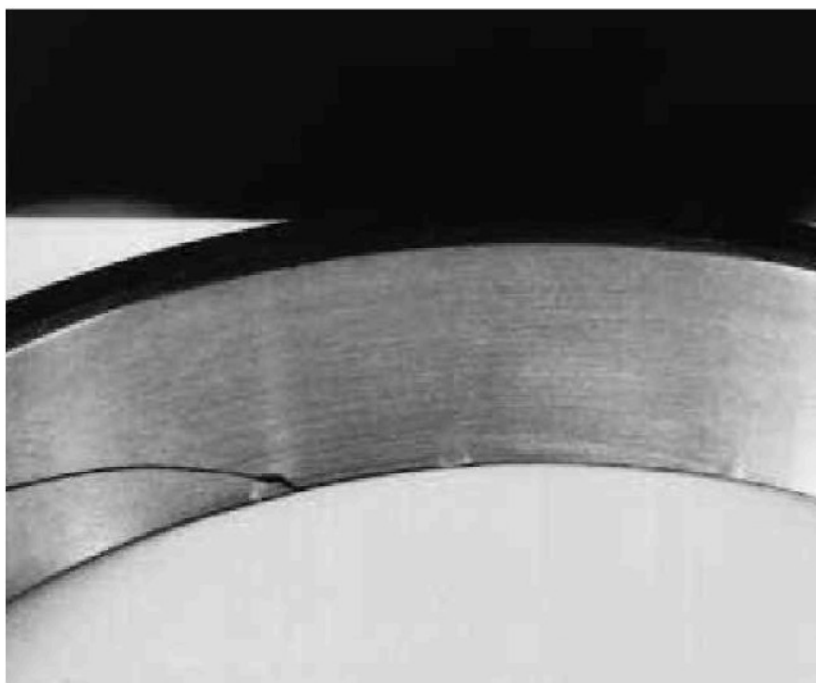
◀ Koroze na
povrchu vnějšího
kroužku válečkového
ložiska



Obr. 6.

◀◀ Prasklina kolmá
na oběžnou dráhu
vnitřního kružku
způsobená korozí

◀ Podélná prasklina
na vnějším kroužku
způsobená korozí



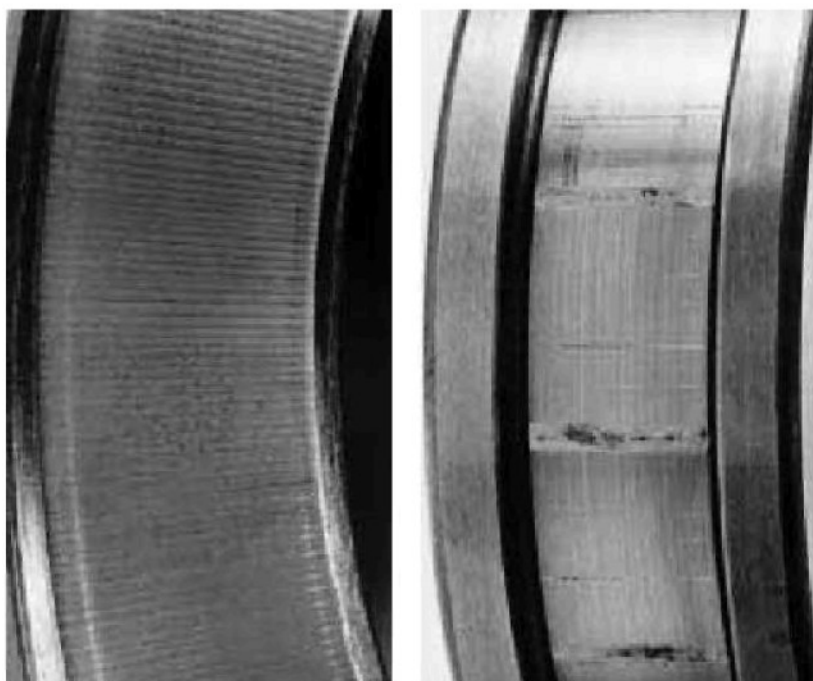
Obr. 7.

Prasklina vnějšího
kroužku kuličkového
ložiska způsobená
špatnou montáží a
hrubým zacházením



Obr. 8.

Poškození vnitřního kroužku kuličkového ložiska způsobené nečistotami



Obr. 9.

◀◀ Vnější kroužek kuželíkového ložiska poškozený vibracemi

◀ Vibracemi poškozený kroužek válečkového ložiska. K poškození došlo, když bylo ložisko v klidu.



Obr. 10.

Vnitřní a vnější
kroužek válečkového
ložiska poškozené
vibracemi



Obr. 11.

◀◀ Vyštípnutý
vnitřní kroužek
válečkového ložiska

◀ Vyštípnutý vnitřní
kroužek kuličkového
ložiska způsobený
přímým úderem

9 LOŽISKOVÉ JEDNOTKY

Snaha o snížení nákladů, prodloužení životnosti, zjednodušení údržby a zvýšení spolehlivosti a bezpečnosti pak vedla k vývoji ložiskových jednotek. V současné době se používají zejména:

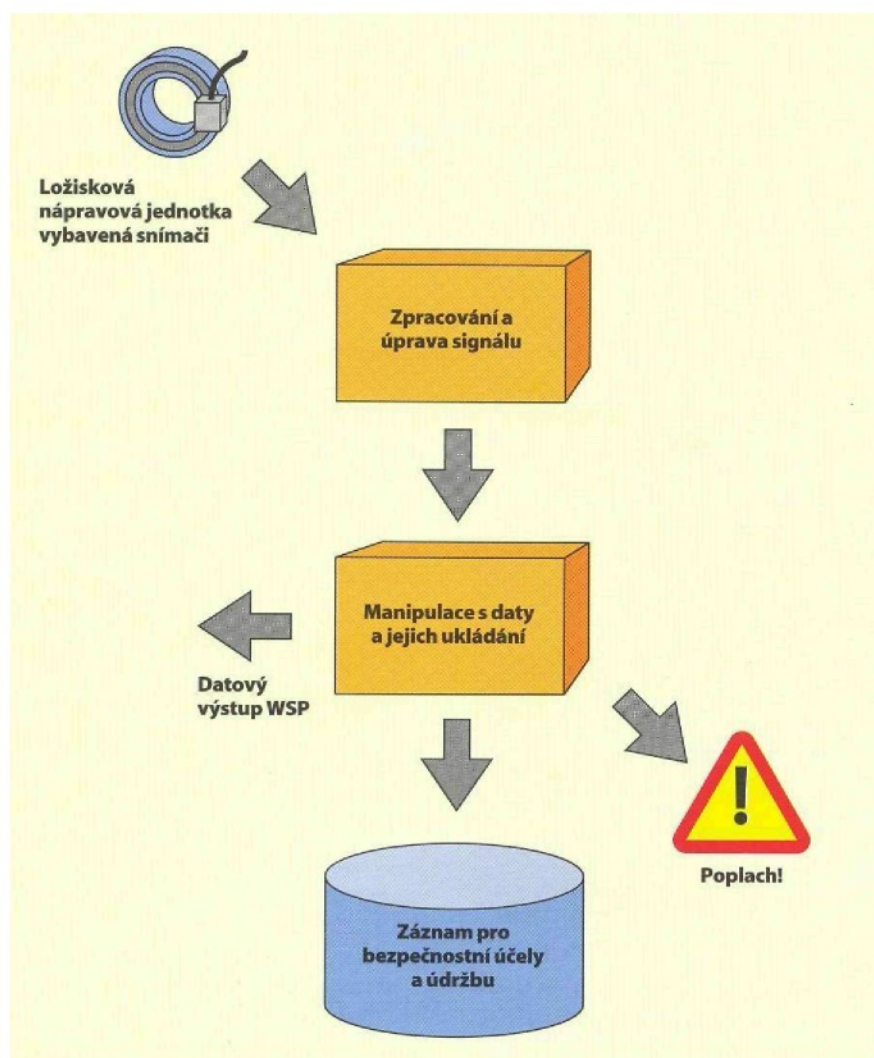
- ložiskové jednotky pro pro kolejová vozidla
- ložiskové jednotky pro osobní automobily
- ložiskové jednotky pro nákladní automobily (pracovní stroje)
- ložiskové jednotky pro potravinářský průmysl

9.1 Ložiskové jednotky pro kolejová vozidla

Ložiskové jednotky pro kolejová vozidla se používají zejména pro tramvajové soupravy a pro vlakové soupravy (lokomotivy).

Hnací systémy pro tramvajové soupravy musí být výkonné, šetrné k životnímu prostředí, ekonomické a musí mít minimální nároky na údržbu. Tyto požadavky jsou mnohem přísnější než u automobilů, neboť např. interval údržby je mnohem delší. Nové soupravy, provozované na hlavních tratích, procházejí sice častou údržbou, avšak komplexní údržba je provedena až po 1 – 1,5 milionu kilometrů. Tyto soupravy ujedou průměrně až 1000 kilometrů denně. Většina kolejových vozidel určených pro vyšší rychlosti, je v současné době vybavena systémem, který zabraňuje prokluzování a blokování kol při brždění. Tyto systémy pracují podobně jako antiblokační brzdový systém pro osobní a nákladní automobily. Společnost SKF tento systém upravila pro podmínky železnice. Systém je ovládán řídicí jednotkou (viz obr. 13), která využívá snímače, uložené v ložiskových jednotkách (viz obr. 12). Volba uspořádání snímačů vycházela ze selektivních zkoušek, které v laboratorních podmínkách napodobily typické provozní podmínky,

v nichž pracuje ložisková skříň nápravy. Výsledek vývoje je kompletní ložisková jednotka (C)TBU (viz obr. 14) jako samostatný komponent s náplní plastického maziva, utěsněný a připravený k okamžité montáži.



Obr. 12.

Schéma
principu
zpracování
informací
systémem
SKF

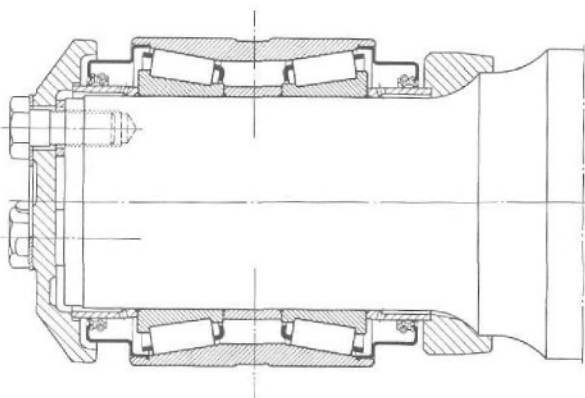
**Obr. 13.**

Řídící jednotka
pro manipulaci
s daty a jejich
ukládání

**Obr. 14.**

Ložisková jednotka TBU

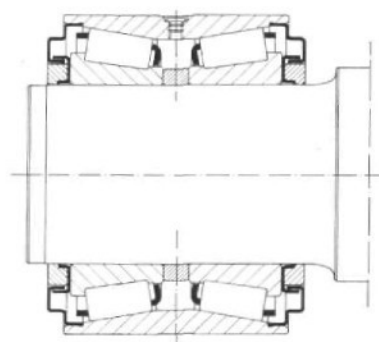
K ochraně před znečištěním ložiskové jednotky a prodloužení trvanlivosti přispívají konstrukční prvky, jako např. integrované těsnění (viz obr. 17) a polymerové vnitřní těsnění (viz obr. 18). Nová koncepce se vyznačuje kompaktní konstrukcí, která umožňuje zkrátit délku nápravy a tím omezit či zmenšit její průhyb. Omezení stykové koroze a zamezení vniku nečistot během provozu představovaly hlavní hlediska při vývoji kompaktní kuželíkové ložiskové jednotky pro kolejová vozidla. K tomuto účelu bylo vyvinuto integrované těsnění a speciální polymerové vnitřní těsnění. Souběžně probíhal i vývoj nového plastického maziva s dlouhou životností a rovněž zdokonalována konstrukce polymerové klece.

Obr. 15.

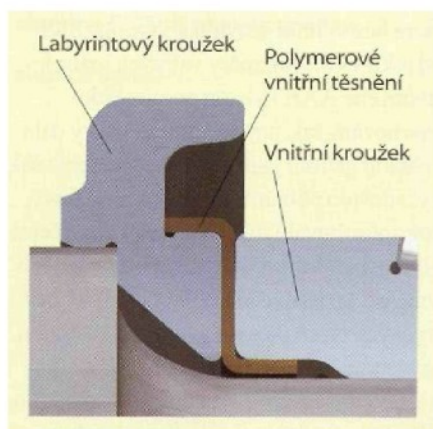
Ložisková jednotka TBU se vyrábí v provedení v palcových rozměrech (standardizovala ho Americká železniční asociace AAR).

Obr. 16.

Metrické provedení pro evropské trhy schválené dle evropské normy EN 12082.

**Obr. 17.**

Integrované těsnění nepotřebuje žádné další vnější přídavné těsnění ani otěrové protikusy těsnění. Těsnicí funkce je integrována do ložiskové jednotky mezi vnitřní a vnější kroužek ložiska. Tato úprava šetří prostor. Je založena na principu pryžového těsnění s nízkým třením. Hlavním rysem je kombinace prvků labyrintu, břitu a odstřikovacího kroužku. Třecí moment se proti klasickým těsněním snižuje až o 70% a díky tomu klesá provozní teplota o 20°C.

**Obr. 18.**

Polymerové těsnění bylo vyvinuto ke snížení/odstranění stykové koroze, která způsobuje vnikání cizích částic do ložiska a zvyšuje axiální vůli. Vnitřní těsnění je vyrobeno ze zesíleného polymeru a upevněno na komponenty ložiska. Zamezí

se tak vzniku stykové koroze pomocí výměny kontaktu ocele s ocelí za kontakt ocele s polymerem.

Polymerovou klec zavedla společnost SKF už v roce 1990. Hlavními výhodami pro uživatele jsou nižší tření, snížené prokluzování valivých elementů, nižší opotřebení, nižší pracovní teploty a zejména zlepšení bezpečnosti. Dokonce i v podmínkách nouzového chodu může toto ložisko, vybavené polymerovou klecí, nadále pracovat aniž by se zablokovalo.

Snímače, umístěné v ložiskové jednotce, umožňují sledování více veličin:

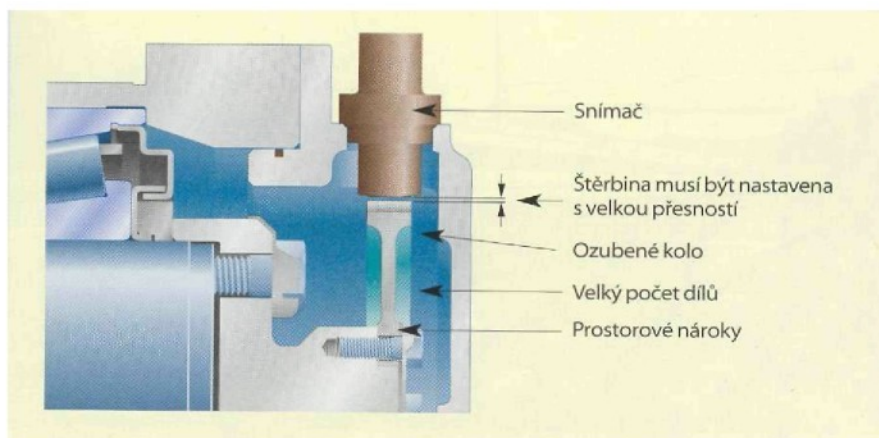
- otáček
- teploty ložiska
- smyslu otáčení
- zrychlení ve svislém a/nebo příčném směru
- údajů pro systém European Railway Traffic Management System (ERTMS) a italské systémy automatického řízení vlaků Sistem Controllo Movimentazione treno (SCMT)

Integrované snímače přinášejí uživateli mnoho předností, a to především úsporu místa, hmotnosti a počtu dílů. Další výhodou je průběžné zjišťování stavu ložiska. Snímač je jednoduše kombinovatelný se systémem uzemnění, montáž a údržba je rovněž značně zjednodušena.

Snímač rychlosti je založen na principu bezdotykového měření změny magnetického toku rotujícího impulsního kroužku. Aktivní snímače jsou napájeny, zatímco pasivní snímače vlastní napájení nemají. V závislosti na požadavcích zákazníka se používá některé ze tří následujících provedení:

- jeden pasivní magnetorezistor, který využívá změnu odporu a vysílá signál sinusového průběhu
- aktivní magnetorezistor v můstkovém zapojení, který využívá proudovou změnu a vysílá digitální přechodový signál obdélníkového průběhu
- aktivní magnetorezistor v můstkovém zapojení, který využívá napěťovou změnu a vysílá digitální přechodový signál obdélníkového průběhu

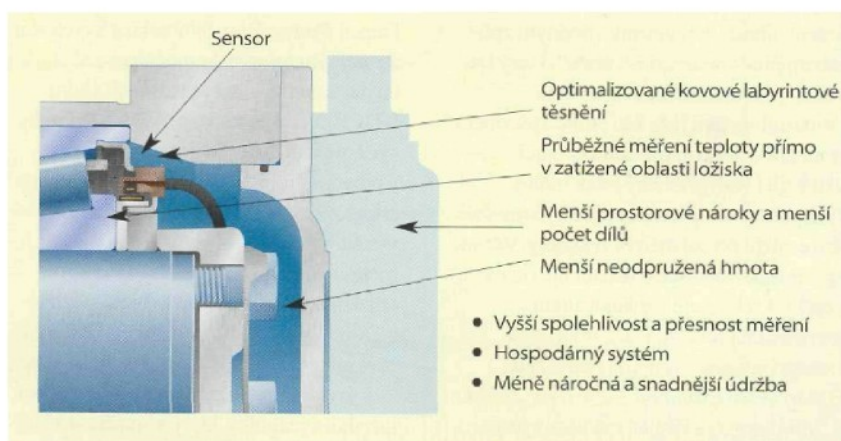
Snímač teploty se nachází uvnitř pouzdra snímače SKF. Takové řešení umožňuje měřit teplotu v reálném čase. Obvod se dvěma pasivními magnetorezistory, nebo se dvěma magnetorezistory s můstkovým zapojení umožňuje zjistit i smysl otáčení.



Obr. 19.

Tradiční řešení snímání rychlosti využívá snímač umístěný v ložiskové skříni a ozubené

kolo umístěné na konci nápravy.

**Obr. 20.**

Princip konstrukce
nového
integrovaného
snímače rychlosti
SKF.

Bezpečnostní systém ERTMS (SCMT) přijímá bezdrátově signály z linky uložené mezi kolejemi. Na základě těchto signálů stanoví maximální rychlost pro každý úsek trati a průběžně přizpůsobuje nebo omezuje rychlost vlaku. Tachografické systémy používají snímač rychlosti jako zdroj vstupního signálu pro zařízení, která zaznamenávají rychlost vozu a vzdálenost, kterou vůz urazil.

Společnosti SKF nyní navrhla koncepci snímače vibrací pro sledování axiálních a/nebo vertikálních zrychlení. Snímač je uložen jako dříve v kompaktním lehkém pouzdru, které je upevněno k těsnění ložiska. Signál vibrací, zpracovaný vhodným způsobem, představuje „stopu“, kterou lze použít jako charakteristiku vývoje provozního stavu ložiska. Tímto způsobem je možné s velkým předstihem zjistit vznikající vady, jež bylo možné dříve zjistit pouze měřením teploty. Monitorování vibrací má však význam nejen pro samotné ložisko: u kola lze vyhodnocovat v online režimu kruhovitost a vady jízdní plochy nákolků a tím snižovat nároky na periodické prohlídky. Průběžné monitorování vibrací na ovládacím panelu také zvyšuje bezpečnost, neboť lze okamžitě zjistit velké bezpečnostní riziko, jaké představuje jízda s vykolejeným dvojkolím.

9.2 Ložiskové jednotky pro potravinářský průmysl

Potravinářský a nápojový průmysl má jedinečné požadavky. V některých případech je jejich výrobek kyselý – např. u zpracovatelů citrusových plodů. Jindy je produkt abrazivní (např. sušenky a podobné pekařské výrobky) anebo jsou stroje při čištění často vystaveny působení tlakové vody a zásaditým antibakteriálním čistícím přípravkům.



Obr. 21.

Ložiskové jednotky a ložiska SKF, navržené pro toto odvětví jsou proto snadno omyvatelná, mají neporézní povrch, který zabraňuje usazování částic potravin a jejich světle šedá barva usnadňuje vizuální prohlídku tělesa (viz obr. 21). V zásadě se používají buď **ložiskové jednotky z nerezové oceli**, nebo **ložiskové jednotky opatřené ochranným povlakem**. Ložiskové jednotky nevyžadují domazávání (jsou opatřeny domazávacím systémem z nerezové oceli – kulové domazávací hlavy) a z konstrukčního hlediska se jedná o naklápěcí ložiska, což přispívá k dosažení jejich delší životnosti. Ložiskové těleso je opatřeno dírou s konkávním profilem, která je určena pro ložisko s kulovým vnějším povrchem, což umožňuje vyrovnat nesouosost. Takové řešení omezuje působení axiálních zatížení, která mohou působit na ložisko v důsledku montážních nepřesností. Konstrukce těsnění je tvořena těsněním s více břitzy, zesíleným kroužkem z nerezové oceli, odstříkovacím kroužkem



z nerezové oceli a plochým těsněním opatřeným na zadní straně gumou pro potravinářský průmysl. Každé ložisko je naplněno plastickým mazivem, na celou dobu životnosti, které je určeno pro potravinářský průmysl. Toto syntetické mazivo je bez zápachu a bez chuti, tedy neovlivňuje kvalitu potravin. Mazivo odolává vymývání při čištění strojů teplou nebo studenou vodou s dezinfekčním prostředkem. Lze ho použít v rozsahu provozních teplot -45°C do $+120^{\circ}\text{C}$ ve veškerých zařízeních pro zpracování masa, ryb, drůbeže a ovoce.

9.3 Ložiskové jednotky pro silniční vozidla

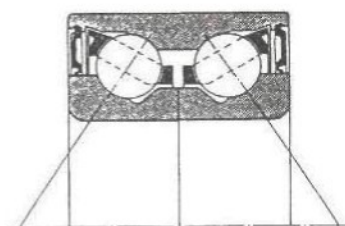
Vozidlové kolo, aby se mohlo správně odvalovat, musí být vzhledem k pevné části (náprava, zavěšení kola) uloženo. Pro uložení kol se výhradně používají valivá ložiska. Uložení kola má dvě úlohy:

- přenos sil působících ve stopě pneumatiky
- uložit kolo pokud možno bez vůle, aby bylo zajištěno přesné otáčení

V praxi se používají dvě radiální ložiska (nebo jedno dvouřadé). Protože tato ložiska zachycují také axiální zatížení, slouží k uložení kola kuličková ložiska s kosoúhlým stykem. Pro větší namáhání kuželíková ložiska (zejména u nákladních automobilů).

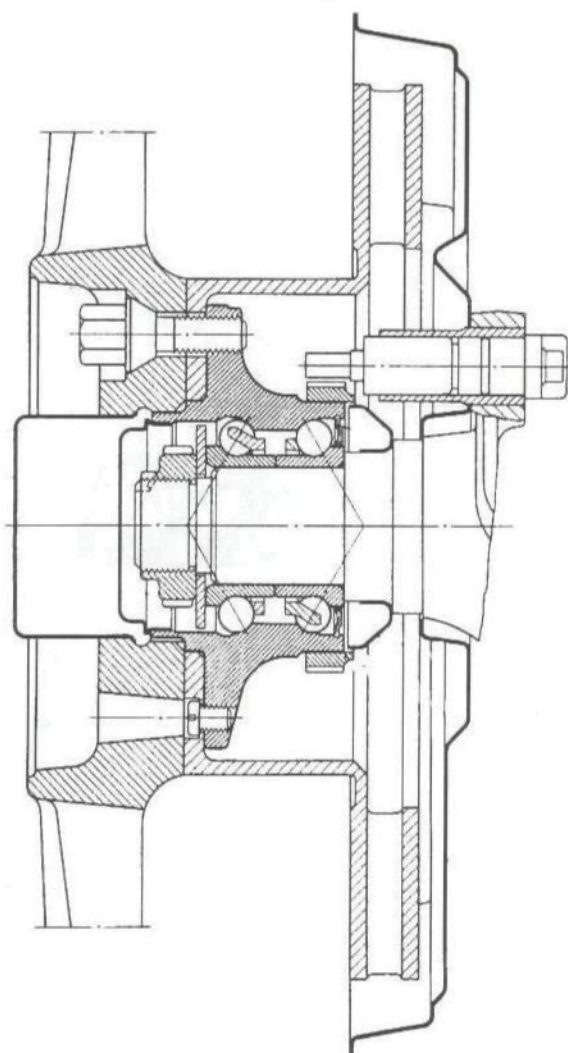
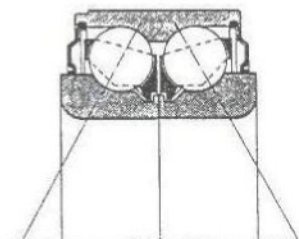
Postupem času se u osobních automobilů začalo požívat místo dvou radiálních ložisek pouze jedno ložisko, s děleným vnitřním kroužkem – tzv. uložení kola ložiskovou jednotkou **první generace** (viz obr. 22). Tím, že vnější kroužek je dělený, má toto uložení větší únosnost. Stykový úhel (mezi kuličkami a oběžnou dráhou) svírá s kolmicí 32° čímž se zvětší i při krátké konstrukční délce účinná délka a je možné zachycovat větší klopné momenty. Ložisková jednotka první generace má zabudované těsnící

kroužky (není nutné dodatečné těsnění na otočném čepu kola), otočný čep u nepoháněného kola je válcový (má pouze jednu brusnou plochu), je kratší (větší ohybová tuhost), montáž je velmi jednoduchá, není nutné seřizovat ložiskovou vůli a mazání je zajištěno po celou životnost ložiska.



Obr. 22.

Ložiskové jednotky první generace

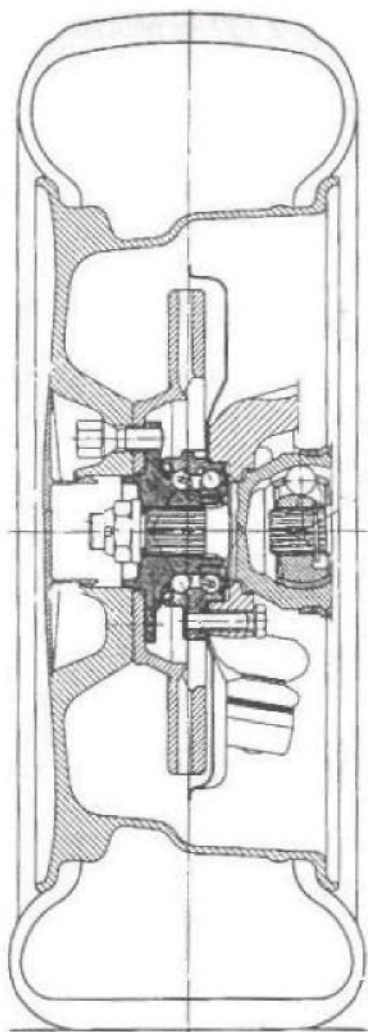


Obr. 23.

Ložisková jednotka druhé generace u přední nepoháněné nápravy vozu BMW 5. série

Dalším vývojem vznikla ložisková jednotka **druhé generace** (viz obr. 23). Vnější kroužek má navíc přírubu k upevnění kola, takže jednotku lze použít pouze pro nepoháněná kola. Toto uspořádání znamená úsporu konstrukčních dílů a snížení hmotnosti. Montáž je jednoduchá a opět odpadá seřizování ložiskové vůle.

Ložisková jednotka třetí generace (viz obr. 24) má přírubu i na vnějším kroužku, lze ji použít jak pro nepoháněná kola tak i pro poháněná kola. U poháněných náprav je vnitřní část ložiska třetí generace spojena s kolem (má funkci náboje kola).



Obr. 24.

Ložisková jednotka třetí generace u přední poháněné nápravy vozu Saab 9000. V tomto případě je vnitřní kroužek přišroubován přímo k disku kola.

Po úspěšném zavedení ložiskových jednotek v osobních automobilech se začaly používat ložiskové jednotky i v **automobilech nákladních**. Kvůli většímu namáhání nahradila kuličková ložiska ložiska soudečková, či kuželíková. Společnost SKF např. vyvinula ložiskovou jednotku THU (viz obr. 25), která obsahuje dvouřadá kuželíková ložiska, používaná výlučně ve vozidlech určených k přepravě těžkých nákladů.



Obr. 25.

Ložisková jednotka THU

Speciálně navržený profil oběžné dráhy zaručuje optimální využití stykových ploch při různých zatíženích. Tím se předchází namáhání hran v zatáčkách a při prudkém brždění. Ložiskové jednotky THU se staly oblíbenou součástí protiblokovacích systémů ABS, protože jejich kompaktní provedení poskytuje větší prostor pro ozubené kolo a čidlo. Součásti ABS mohou na ložiskovou jednotku montovat přímo a přesně, čímž se zlepšuje kvalita a přenos ABS signálu.

V poslední době se ložiskové jednotky začínají používat i v přívěsech a návěsech, společně s kotoučovými brzdami, díky čemuž lze využívat moderního elektronického brzdového systému nákladního automobilu.



10 ZÁVĚR

Tato práce se zabývala hodnocením různých vlivů, působících na životnost a funkci ložiska, možnostmi jak tento stav zlepšit a to zejména zavedením ložiskových jednotek do různých sfér využití dopravních a manipulačních strojů. Celkový trend snižování odbornosti pracovníků při montáži, delší životnost, prakticky nulová údržba a zvýšení dostupnosti ložiskových jednotek v rámci globálního trhu, hovoří pro rostoucí tendenci používání ložiskových jednotek.



SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VLK FRANTIŠEK: Podvozky motorových vozidel, Brno 2000.
- [2] EVOLUTION: Obchodní a technologický magazín SKF, čísla 3/1997, 1/1998, 1/2001, 2/2001, 1/2002.
- [3] <http://www.evolution.skf.com>
- [4] <http://www.skf.cz>

