



ZMĚNY PARAMETRŮ DVOJKOLÍ LOKOMOTIV V PROVOZU S OHLEDEM NA VAZBU DVOJKOLÍ–KOLEJ

CHANGES OF WHEELSET PARAMETERS OF LOCOMOTIVES IN OPERATION WITH RESPECT TO WHEELSET–TRACK INTERACTION

Martin KOHOUT¹, Jaromír ZELENKA², Petr ŠIMRAL³

Abstrakt

Příspěvek je věnován problematice opotřebování jízdních obrysů kol dvojkolí moderních lokomotiv a vlivu těchto změn na vazbu dvojkolí ke koleji. V úvodní části práce bylo nutné vyřešit systém sběru měřených dat z různých zdrojů a automatizaci jejich vyhodnocení. V článku jsou uvedeny některé příklady prvních zjištění, která vyplývají z analýzy získaných dat a u kterých bude nutné se věnovat hlouběji nejen jejich příčině, ale především snaze těmto negativním vlivům předcházet či je zcela eliminovat vhodným systémem údržby.

Klíčová slova

opotřebenění, dvojkolí, údržba, lokomotiva

Abstract

This paper deals with the wear problems of wheel profiles of modern locomotives and the effect of these changes on the wheelsets–track interaction. In the introductory part of this work it was necessary to solve the system of measured data mining from different sources and to automate data evaluation. The article presents some examples of the first findings that result from the analyses of obtained data and which have to be analyzed more detailed not only in their cause, but above all efforts to prevent or eliminate these negative effects by an appropriate maintenance system.

Keywords

wear, wheelset, maintenance, locomotive

1 ÚVOD

Železniční doprava, využívající systém dvojkolí–kolej, je při srovnání s ostatními druhy doprav považována za efektivní způsob hromadné přepravy materiálu. Vyznačuje se nízkou energetickou náročností (variabilní náklady) a relativně vysokými náklady na pořízení vozidel, stavbu tratí a zabezpečovacího zařízení (fixní náklady). Pokud je ale celý systém vozidlo–kolej dobře navržen,

¹ Ing. Martin Kohout, Ph.D., University of Pardubice, Faculty of Transport Engineering / Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Dislokované pracoviště DFJP, Nádražní 547, 560 02 Česká Třebová. Tel.: +420 466 037 427, e-mail: martin.kohout@upce.cz

² doc. Ing. Jaromír Zelenka, CSc., University of Pardubice, Faculty of Transport Engineering / Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Dislokované pracoviště DFJP, Nádražní 547, 560 02 Česká Třebová. Tel.: +420 466 037 429, e-mail: jaromir.zelenka@upce.cz

³ Petr Šimral, METTRANS Rail s.r.o. Podlešská 926/5, 104 00 Praha 10 – Uhřetíněves. Tel.: +420 267 293 591, e-mail: simral@mettransrail.eu

umožňuje velikost provozních nákladů na údržbu vozidel, tratí a dalšího zařízení dopravcům zachovat si konkurenceschopnost a dokonce se dále rozvíjet. Toto samozřejmě platí také o nových lokomotivách, které jsou dopravci pořizovány a je nutné najít a nastavit systém jejich údržby.

2 ÚDRŽBA DVOJKOLÍ

Dvojkolí jako prvek interakce vozidla s kolejí je považováno za velmi namáhanou konstrukční součást. Kromě svislých a příčných sil na nesení a vedení vozidla jsou přes dvojkolí přenášeny brzdné a tažné síly. U teoretických jízdních obrysů se přenos těchto sil realizuje v relativně malých kontaktních plochách. V kombinaci s propracovanou protismykovou a protiskluzovou ochranou, umožňující využití trakčních vlastností na mezi adheze, dochází u dvojkolí k adhezivnímu a abrazivnímu opotřebením, které vede ke změně tvaru jízdních obrysů kol a ke vzniku povrchových vad na jízdní ploše kol.

Ke sledování geometrických parametrů dvojkolí bývá používáno měřidlo na měření průměrů kol, měřidlo na rozkolí a měřka jízdního obrysu, nebo je možné využít potenciálu kontaktních či bezkontaktních měřidel celého jízdního obrysu kola jakými jsou MiniProf, Calipri, či Profiloměr.

Z pohledu legislativy jsou mezní rozměry kol a dvojkolí definovány v TSI LOC&PAS [1]. Údržbě dvojkolí je věnována samostatná norma ČSN EN 15313 [2]. Kromě těchto dokumentů je systém údržby uveden také v návodech výrobců pro konkrétní typ lokomotivy.

Údržba kol dvojkolí je prováděna nejčastěji soustružením. Po dosažení mezního opotřebením věnce kol je nutné dvojkolí vyvázat a vyměnit.

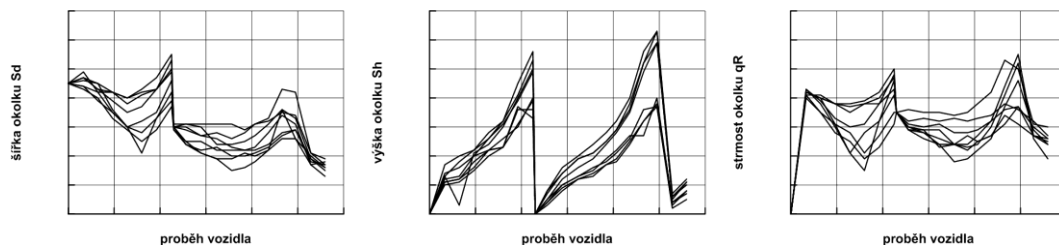
Údržbu lze provádět dvěma způsoby, kterými jsou:

- korektivní údržba, založená na okamžitém odstraňování nebezpečných vad v geometrii či materiálu kol dvojkolí nebo při dosažení mezních hodnot sledovaných veličin,
- preventivní údržba, která má za úkol odstranit vady ještě před dosažením mezních hodnot a umožňuje při vhodně zvolené strategii prodloužit životnost dvojkolí. U tohoto typu údržby jsou stanoveny kilometrické proběhy,
- speciálním typem je prediktivní preventivní údržba, která je založena na znalosti technického stavu zařízení a jeho očekávanému vývoji.

Právě prediktivní preventivní údržba (v tomto případě částečná či plná reprofilace kol dvojkolí) a související opatření při nákupu nových dvojkolí jsou cílem práce, která by teoreticky mohla přinést provozovateli vozidla úsporu finančních prostředků. Právě strategie soustružení je většinou na rozhodnutí provozovatele vozidla.

3 VÝVOJ ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ DVOJKOLÍ V PROVOZU

Základními sledovanými parametry dvojkolí jsou výška, šířka a strmost okolku, rozkolí, rozchod dvojkolí a průměr kol. Mezní hodnoty těchto veličin jsou považovány za bezpečné.



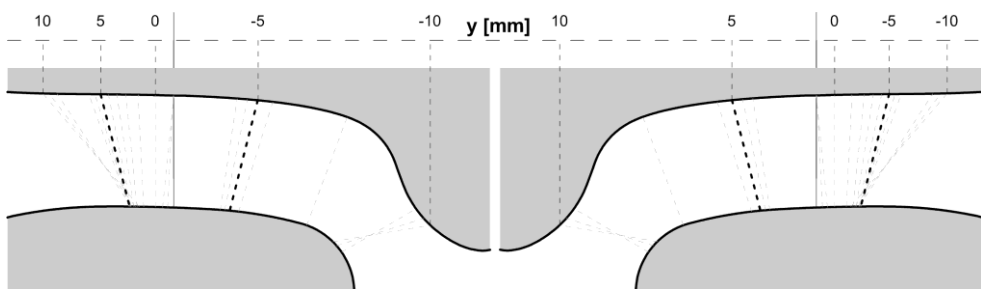
Obr. 1 Příklad vývoje základních rozměrů okolku všech kol lokomotivy během provozu

Na obr. 1 je uveden příklad vývoje základních rozměrů okolku. Z něj je patrné, že po zjetí nového jízdního obrysu následuje období s relativně stejnou intenzitou opotřebování. Od určitého kilometrického proběhu však dochází ke zvýšení intenzity opotřebování. Vysvětlením je souvislost se změnami tvaru jízdních obrysů kol, které jsou obtížně identifikovatelné klasickým měřením základních rozměrů dvojkolí, a geometrickou vazbou dvojkolí–kolej.

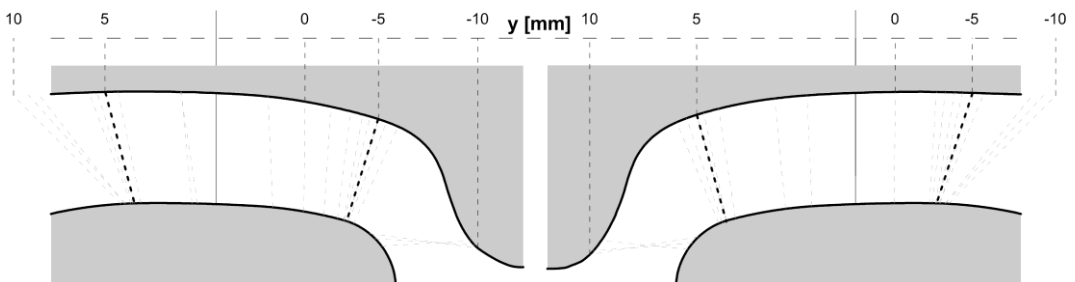
4 OPOTŘEBENÍ DVOJKOLÍ V PROVOZU

Vzhledem k provozu moderních lokomotiv na evropských koridorech, které lze charakterizovat kolejí s pružným upevněním kolejnic a dobrými geometrickými parametry, se odehrává kontakt kol s kolejnicí v relativně úzkém pásmu na jízdní ploše (obr. 2). Geometrická vazba dvojkolí ke koleji, trakční a brzdné výkony moderních lokomotiv na mezi adheze vedou k postupné přeměně (na všech obrázcích v textu jsou prezentována tři po sobě následující měření) původního křivkového jízdního obrysu ORE S1002 na obrys s jízdní plochou téměř válcovou (v části obrysu kola), s následným vznikem žlábků v jízdní ploše (obr. 3). Pokud není proveden zásah (částečná či plná reprofilace jízdního obrysu kola), pokračuje celý proces s vyšší intenzitou opotřebování dále, což vede k rychlejšímu snižování tloušťky věnce kola. Příklad růstu žlábků během provozu je uveden na obr. 4.

V obloucích malých a velmi malých poloměrů takto opotřebený jízdní obrys přispívá k růstu velikosti převalku na čelní straně věnce kola.



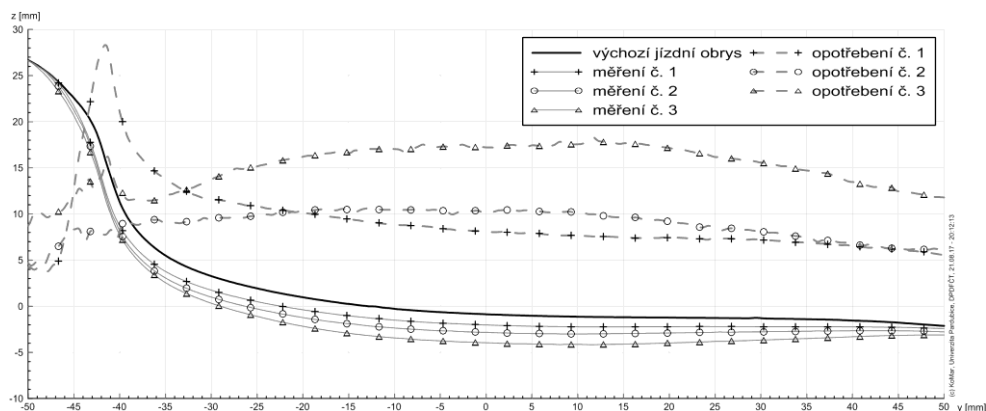
Obr. 2 Příklad polohy kontaktních bodů pro teoretických jízdní obrys a teoretické příčné profily hlav kolejnic



Obr. 3 Příklad postupné změny oblasti kontaktu kola s teoretickou kolejnicí během opotřebování jízdních obrysů kol (stav před soustružením)

Z obr. 2 a obr. 3 je zřejmé, že se oblast kontaktu kola a kolejnice v centované poloze dvojkolí v koleji vzhledem k počátečnímu stavu příčně posouvá a rozšiřuje. Je zde vidět také nesymetrie v opotřebení obou kol téhož dvojkolí, která může být způsobena rozdílnými průměry kol při soustružení, provozem na tratích s různým zastoupením oblouků či je důsledkem problémů v pojezdu vozidla (kosení rámu, uložení a příčné charakteristiky pružin, apod.). Rozdílné změny tvaru a rozměrů kol téhož dvojkolí vedou ke zvýšení intenzity opotřebování (dvojkolí naléhá k jedné

kolejnicí; dvojkolí i podvozek mohou zaujímat nevhodnou polohu ve volném kanálu koleje, což vede k růstu skluzových sil v kontaktních plochách kol s kolejnicemi).



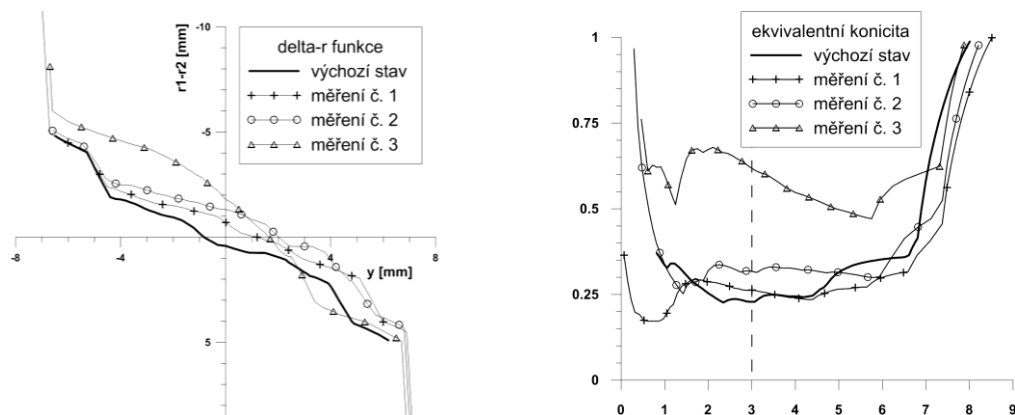
Obr. 4 Příklad opotřebení jízdního obrysu kola během provozu (čárkovanou čarou je vyznačen objemový ořez)

5 VÝVOJ KONTATNÍ GEOMETRIE DVOJKOLÍ V PROVOZU

Charakteristiky kontaktní geometrie dvojkolí–kolej popisují vzájemnou polohu kola a kolejnice v závislosti na příčném posouvání dvojkolí v koleji (viz např. [3]). Z pohledu analýzy procesu opotřebování je důležitým faktorem poloha kontaktních bodů mezi kolem a kolejnicí. V obloucích je navíc posuzována delta-r funkce, v přímé koleji veličina ekvivalentní konicity.

Výše popsany způsob opotřebení kol a postupná změna tvaru křivkového jízdního obrysu k jízdnímu obrysu se žlábkem v jízdní ploše lze charakterizovat nejprve poklesem strmosti delta-r funkce a jejím opětovným nárůstem při rozvoji žlábků (obr. 5, vlevo).

Na obr. 5 vpravo je příklad změny funkce ekvivalentní konicity pro lokomotivu na teoretické koleji. S rostoucím proběhem lokomotivy a se změnou tvaru jízdních obrysů kol dochází nejprve k nepatrným změnám průběhu funkce ekvivalentní konicity; s dalším opotřebováním a nevhodnou geometrií jízdní plochy (žlábkem na jízdní ploše) již dochází k celkovému nárůstu hodnot ekvivalentní konicity a ke změně charakteru této veličiny. Po soustružení má funkce rostoucí průběh, u velmi opotřebovaného kola je funkce výrazně konvexní, kdy se uplatňují především malé amplitudy tvarově přizpůsobených kol na kolejnici (výsledek výpočtu geometrické vazby tuhých, nehmotných těles).



Obr. 5 Příklad postupné změny delta-r funkce (vlevo) a ekvivalentní konicity (vpravo) během provozního opotřebování jízdních obrysů kol (mezi soustruženími)

6 ZÁVĚR

Korektivní systém údržby dvojkolí, založený na soustružení kol až při překročení některého ze sledovaných geometrických parametrů, není optimální z pohledu celkové životnosti dvojkolí. První výsledky ze sledování vývoje geometrických rozměrů a analýzy změn tvaru jízdních obrysů kol ukazují, že by bylo vhodnější soustružit preventivně častěji (nejlépe dle predikce vývoje opotřebení), čím by mohlo dojít ke snížení nutného odběru materiálu a tedy prodloužení životnosti dvojkolí. Důležitý faktor z hlediska bezpečnosti i nutného minimálního úběru materiálu z povrchu kola při soustružení, který zatím hodnocen nebyl a je preventivní údržbou lépe ošetřen, je vývoj a kvantifikace stavu povrchu kola.

Systém dvojkolí–kolej se podařilo v některých provozech (typicky metro) úpravou systému mazání kol a používáním upravených jízdních obrysů optimalizovat do takové podoby, že dochází k minimálnímu úbytku materiálu a je možné dosáhnout životnosti kol dvojkolí i více než 1,5 milionu kilometrů. Nezbytným předpokladem je ale dobře nastavený systém měření, analýzy a predikce vývoje, a systém údržby. Tato práce by měla umožnit dosažení srovnatelné životnosti také u dvojkolí moderních lokomotiv.

Výzkum byl podporován Technologickou agenturou České republiky v rámci projektu TE01020038 Centrum kompetence drážních vozidel (CKDV). Data poskytla firma METRANS Rail s.r.o.



Literatura

- [1] 1302/2014/EU. *Rozhodnutí komise ze dne 18. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému kolejová vozidla – lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob železničního systému v Evropské unii.* („TSI LOC&PAS“) Brusel: EK, 2014.
- [2] ČSN EN 15313:2016. *Železniční aplikace – Požadavky na dvojkolí v provozu – Údržba dvojkolí v provozu na vozidlech a po demontáži.* Praha: ÚNMZ, 2016.
- [3] Izer, J., Zelenka, J. Charakteristiky kontaktní geometrie. In: *Scientific Papers of the University of Pardubice, Series B, The Jan Perner Transport Faculty.* 1996, 2, 39–62. Univerzita Pardubice. ISSN 0039 2472.