PREVENTIVNÍ ÚDRŽBA TRAMVAJOVÝCH SRDCOVK S MĚLKÝM ŽLÁBKEM POMOCÍ NAVAŘOVÁNÍ

TRAMWAY SHALLOW CROSSING PREVENTIVE MAINTENANCE BY SURFACE WELDING

Magdalena Křečková^{*,1}

* magdalena.kreckova@fsv.cvut.cz

¹ Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Katedra železničních staveb, Thákurova 2077/7, Praha 6 - Dejvice, 166 29

Abstrakt

Příspěvek se zabývá problematikou preventivního navařování a údržby tramvajových srdcovek s mělkým žlábkem. Příspěvek představuje hlavní vlivy působící na vývoj ojetí a deformace srdcovek s mělkým žlábkem, které jsou charakteristické postupným úbytkem materiálu a změnou geometrie žlábků. Příspěvek předkládá případovou studii dlouhodobě sledované tramvajové srdcovky s mělkým žlábkem na lokalitě Praha - Výtoň, na které je demonstrován typický vývoj stavu žlábků srdcovky v čase až do času její preventivní údržby navařením a následný vývoj po provedené údržbě a jeho srovnání s původním stavem nové srdcovky. Příspěvek se dále blíže zaměřuje na samotný preventivní zásah navařením a reprofiliací žlábků během této preventivní údržby.

Klíčová slova

Mělká srdcovka, ojetí, deformace, navaření, reprofilace

Abstract

The article deals with the issue of preventive welding and maintenance of tramway shallow crossing. The article presents the main influences the development of head loss and deformation of shallow crossing which are characterized by gradual loss of material and change in the geometry of grooves. The article presents a case study of a long-term monitored tramway shallow crossing in the locality of Prague - Vytoň which demonstrates typical development of condition of grooves of tramway shallow in time to its preventive maintenance by welding and next development after maintenance and its comparison with the original geometry of new tramway shallow. The article presents also preventive maintenance by surface welding and reprofiling grooves during this preventive maintenance.

Key words

Shallow crossing, head loss, deformation, surface welding, reprofiling

1 ÚVOD

Vlivem tramvajového provozu dochází k ojetí tramvajových srdcovek. Toto ojetí je charakteristické úbytkem materiálu a dochází tak jednak k rozšiřování žlábků, ale také k jeho prohlubování. Dále je toto ojetí charakteristické deformacemi dna žlábků, čímž vzniká jiný profil žlábků v srdcovce. Tyto změny tvaru vedou k údržbě srdcovky a k reprofiliaci jejího žlábků.

Mělká tramvajová srdcovka, která se používá primárně v tramvajových výhybkových konstrukcích v Praze, je srdcovka, která má hloubku žlábků takovou, že je pojížděno dno žlábků okolky jednotlivých vozidel (v Praze se za mělké srdcovky považují srdcovky s hloubkou žlábků 14 mm). To má za následek ojíždění srdcovky, a tedy úbytek materiálu, a dále vznik charakteristických deformací dna žlábků. Tyto deformace jsou závislé především na geometrii srdcovky - žlábek v odbočném směru má jiné charakteristické deformace než žlábek v přímém směru.

Pro žlábek v přímém směru je charakteristické jeho prohlubování a zaoblování hran žlábků a hran křídlovek. Pro žlábek v odbočném směru, tedy pro žlábek v oblouku, je charakteristické také jeho prohlubování. Nicméně dále dochází ke vzniku tzv. dvojžlábků - na dně žlábků vzniká vlivem pojíždění okolkem podélná hrana, která

rozděluje žlábek na dvě části. Na následujícím obrázku jsou zobrazeny tyto charakteristické deformace na srdcovce v lokalitě Praha - Výtoň, která je v tomto ohledu charakteristická [1].

Obr. 1 Charakteristické deformace na srdcovce v lokalitě Praha - Výtoň (Zdroj: Autor).

Tyto deformace jsou viditelné také na následujícím grafu, který znázorňuje profil srdcovky za začátkem sjezdového hrotu srdcovky v průběhu času vč. dvou profilů již po údržbě navařením (profily z 16. 8. 2021 a 24. 9. 2021). V levé části grafu je znázorněn žlábek v přímém směru, v pravé části grafu je znázorněn žlábek v odbočném směru.

Obr. 2 Charakteristické deformace na srdcovce v lokalitě Praha - Výtoň v průběhu času (Zdroj: Autor).

2 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

V tramvajové síti Dopravního podniku hlavního města Prahy se převážně využívají mělké srdcovky v kolejových konstrukcích s ohledem na charakter městského provozu, resp. s ohledem na úhel křížení kolejových konstrukcí.

Použití mělké srdcovky (hloubka žlábků 14 mm), případně hluboké srdcovky, je tedy závislé na úhlu křížení. Prakticky se však mělká srdcovka používá pro všechny úhly křížení, protože v místě křížení je kolo převedeno přes srdcovku po okolku a není tedy omezeno přerušením kolejnice, resp. srdcovky. Nicméně vedení kola přes srdcovku po okolku má dále vliv na zhoršení směrového vedení kola a dále na deformace jak srdcovky, tak samotného kola. Dále je použití mělké srdcovky závislé na charakteru vozového parku Dopravního podniku hl. m. Prahy a to s ohledem na využívaný jízdní průřez kola, resp. s ohledem na šířku kola [2],[5]. Z těchto důvodů je tato problematika řešena především lokálně, a to především v provozu DP hl. m. Prahy.

U všech výhybek s mělkou srdcovkou dochází k dynamickému rázu při přechodu kola v místě křížení dále na rozjezdový hrot. Tyto rázy mají za následek zvýšení hlukových emisí v křižovatkách z kontaktu kola a kolejnice. Dále se tímto vlivem zvyšuje již zmíněné ojetí srdcovky a její deformace. Z těchto důvodů vyplývá snaha zavést systém preventivní údržby, která by měla za následek zvýšení životnosti tramvajových kolejových konstrukcí, snížení nákladů na údržbu a dále snížení emisí hluku vycházející právě z rázu při kontaktu kola a kolejnice. Této problematice se věnuje Projekt TAČR Dlouhodobý monitoring kolejových konstrukcí u tramvajových křižovatek, na kterém spolupracuje Fakulta stavební ČVUT v Praze, Pražská strojírna a.s. a Dopravní podnik hl. m. Prahy. V rámci tohoto projektu je tedy řešena i problematika preventivní údržby, a to především preventivním navařováním výhybkových konstrukcí a reprofilací žlábků srdcovky. Pro tento projekt bylo vybráno celkem 5 lokalit, nicméně jako charakteristická lokalita byla vybrána lokalita Praha - Výtoň, protože srdcovka této lokality reprezentuje jak deformace v přímém žlábků, tak deformace v odbočném žlábků a také se jedná o poměrně zatíženou křižovátku (přibližně 38 spojů za hodinu) [5].

3 METODIKA

Jednotlivé lokality byly v rámci projektu nejdříve sledovány pomocí měřicího přístroje Contour II, který se využívá pro kontrolu ojetí kolejnic v tramvajové síti DPP zpravidla pro kontrolu ojetí v obloucích, pro kontrolu správného provedení návarů apod. Tento přístroj snímá povrch kolejových konstrukcí pomocí laseru a přenáší tvary jednotlivých příčných profilů do digitální podoby. Toto měření probíhá buď kontinuálně nebo bodově. Kontinuální měření snímá povrch kolejnice v pravidelném kroku (v podélném profilu zpravidla 3,84 mm nebo 5,75 mm, v příčném profilu 0,13 mm) [1].

Následně byla tato data vyhodnocena pomocí softwaru Contour II - Eval. Při vyhodnocení byly vybrány vždy 3 charakteristické profily - sjezdový hrot srdcovky, střed srdcovky a profil rozjezdového hrotu srdcovky. Takto vyhodnocená data byla následně srovnána v průběhu času, čímž se docílilo znázornění vývoje deformací jednotlivých profilů v čase. V lokalitě Praha - Výtoň byla konstrukce sledována více než 2 roky. Při vyhodnocení stavu srdcovky jako kritického došlo k návaru a dále bylo provedeno další měření, které zachytilo další vývoj ojetí a deformací.

4 VÝSLEDKY

Vývoj deformací

Vlivem tramvajového provozu došlo k postupnému ojetí srdcovky a ke vzniku charakteristických deformací. Pro potřeby tohoto příspěvku byl vybrán profil ve středu srdcovky. Vývoj deformace a ojetí v tomto profilu jsou znázorněny na následujícím obrázku (Obr. 3).

Z tohoto znázornění deformace je evidentní, že dochází k prohlubování žlábků. Z původní hloubky nového žlábků 14 mm došlo během 15 měsíců k prohloubení na celkovou hodnotu 21,6 mm (první měření ze dne 2. 8. 2019 versus poslední měření před údržbou ze dne 17. 6. 2021). Dále je ze znázornění patrné, že došlo k zaoblení hran žlábků a to jak hran dna žlábků, tak hran v přechodu povrchu srdcovky (tzv. křídlovka) do žlábků. Toto zaoblení mělo také vliv na úbytek materiálu právě v místech přechodu z křídlovky do žlábků. Zde došlo k celkovému výškovému úbytku materiálu 3,8 mm. Toto ojetí je vytvořeno především vlivem prohlubování dna žlábků, přičemž dochází ke snižování trajektorie pro okolek, čímž je namáhána křídlovka jízdní plochou kola.

Navaření srdcovky

V okamžiku, kdy došlo k vyhodnocení mezního stavu ojetí srdcovky, došlo k návaru srdcovky. Během tohoto procesu byl průřez žlábků reprofilován přidáním materiálu navařením. Srdcovka byla navařena tak, aby výsledná hloubka žlábků opět činila 14 mm. Materiál se může na srdcovku přidávat dvěma způsoby: podélnými návarovými housenkami nebo příčnými návarovými housenkami. Podélné návarové housenky se provádějí rovnoběžně s hranami žlábků, resp. rovnoběžně se směrem jízdy. Proto je podélné navaření vhodnější vzhledem k dynamickým

rázům při vedení okolku přes srdcovku. Nevýhodou podélného navaření je, že je časově náročnější pro provedení (housenky jsou dlouhé). Oproti tomu příčné navařové housenky jsou kratší, a tedy méně časově náročné na provedení. Nicméně vzhledem k tomu, že jsou příčné ke směru vedení okolku přes srdcovku, dochází kvůli nim k větším dynamickým rázům, což opět vede k většímu namáhání srdcovky a k větším hlukovým emisím. Vzhledem k tomu, že navařování srdcovek probíhá bez výluky za běžného nočního provozu, upřednostňuje se příčné navařování, protože neomezuje tramvajový provoz. Navařování srdcovky je znázorněno na Obr.4.

Obr. 3 Vývoj deformace v čase ve středovém profilu srdcovky v lokalitě Praha - Výtoň (Zdroj: Autor).

Obr. 4 Navařování tramvajové srdcovky v lokalitě Praha - Výtoň (Zdroj: Autor). Pro navaření se použila elektroda Weltrade 40.

5 DISKUZE

Z celkového vývoje deformací byly vybrány 3 klíčové profily, které jsou zobrazeny na Obr.5. První profil znázorňuje tvar nového žlábků (křivka 2. 8. 2019). Tento profil má ostré hrany z výroby a hloubka žlábků činí 14 mm. Druhý profil znázorňuje srdcovku před navařením materiálu (křivka 17. 6. 2021). Profil má již zaoblené všechny hrany, přičemž došlo k ojetí křídlovky o 3,8 mm ve svislém směru. Dále je u tohoto profilu patrné prohloubení žlábků na celkovou hodnotu 21,6 mm. Také je patrný vznik dvojžlábků. Třetí profil znázorňuje již navařenou srdcovku (křivka 30. 7. 2021). Tento profil má hloubku žlábků 14,8 mm. Nicméně během reprofilace žlábků nedošlo k zosíření hran a to jak u dna žlábků, tak u křídlovky.

Obr. 5 Vybrané středové profily srdcovky v lokalitě Praha - Výtoň (Zdroj: Autor).

Z průběhu deformací lze také udělat srovnání žlábků nového z výroby a žlábků po údržbě. Tyto dva profily jsou zobrazeny na Obr. 6. Z tohoto obrázku je patrné, že hloubka obou žlábků se pohybuje kolem 14 mm. Hloubka nového žlábků činí přesně 14 mm, což je očekávatelné vzhledem k tomu, že byl žlábek průmyslově vyfrézován a až poté následně zabudován do konstrukce. U navařeného žlábků hloubka činí 15 mm, což je odpovídající s ohledem na technologii navařování, kdy k navaření dochází bez výluky za běžného provozu. Dalším rozdílem je podoba hran žlábků. U nového žlábků jsou hrany ostré. U žlábků navařeného zůstávají vlivem ojíždění zaoblené, a to jak hrany dna žlábků, ale také hrany křídlovky. I tento rozdíl je pravděpodobně způsoben vlivem technologie navařování, nicméně není dále jasné, jaký má tento faktor vliv na další vývoj ojetí a deformací, případně na emise hluku [5]. Poslední rozdíl mezi těmito žlábků je v jejich šířce. Šířka žlábků na povrchu srdcovky činí přibližně 36 mm. U navařeného žlábků činí jeho šířka přibližně 40 mm. Je tedy patrné, že dochází pouze k navaření materiálu na dno žlábků, nikoliv na strany žlábků.

Obr. 6 Porovnání profilu žlábků nové srdcovky se žlábkem po reprofilaci navařením (Zdroj: Autor).

6 ZÁVĚR

Z provedených měření je možné vyvodit 2 závěry. První závěr je, že při prohloubení žlábků dochází i k ojetí a deformaci povrchu srdcovky (tzv. křídlovky). Druhý závěr, který je pro tento příspěvek stěžejní, jsou rozdíly mezi tvarem žlábků z výroby a tvarem žlábků po navaření srdcovky. Největší rozdíl mezi těmito profily je zaoblení hran žlábků. Tento faktor by mohl mít vliv na dynamiku jízdy vozidla přes srdcovku a následně pro výši emisí hluku při průjezdu vozidla přes konstrukci. Také z této práce plynou další otázky a to především:

- Jak se bude vyvíjet deformace žlábků po navaření (s ohledem na vývoj deformací nové konstrukce)?
- Jaký vliv má navaření na emise hluku při průjezdu vozidla přes srdcovku?

Proto by v rámci dalšího výzkumu mělo dojít k dalšímu sledování konstrukce a následnému měření hluku. Tím by se měl určit vliv navaření srdcovky na její další životnost a na výši hluku při průjezdu vozidla přes srdcovku.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován za podpory projektu TAČR Dlouhodobý monitoring kolejových konstrukcí u tramvajových křižovatek se zaměřením na mělké srdcovky za účelem optimalizace jejich údržby a snížení hluku (číslo projektu TJ04000257).

Použité zdroje

- [1] KŘEČKOVÁ, Magdalena. Monitoring vybraných tramvajových srdcovek. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Bakalářská práce. 2020.
- [2] ZELENKA, Jaromír a Martin KOHOUT. Vztah kolo-kolejnice v podmínkách tramvajového provozu. Plzeň: 46. zasedání odborné skupiny tramvajové tratě, Sdružení dopravních podniků ČR.
- [3] PENC, Miroslav. Projekt Kolo-kolejnice. DP-kontakt. Praha: Dopravní podnik hlavního města Prahy, 2010/4, ISSN 1212-6349.
- [4] BRET, Ondřej. Akustická analýza průjezdu tramvají přes kolejovou konstrukci odbočení se srdcovkou s mělkým žlábkem. Brno: Juniorstav odborná konference doktorského studia. 2021
- [5] BRET, Ondřej. Praktické využití akustické kamery pro sledování kolejových konstrukcí na tramvajových tratích. Znojmo: 100. akustický seminář, Sborník 100 akustický seminář, ISBN 978-80-01-06888-5