

AMSLER DUPLATÁRCSÁS MÉRŐMŰSZER HASZNÁLATA VASÚTI KERÉK-SÍN KAPCSOLAT VIZSGÁLATÁHOZ

EXPERIMENTAL USE OF AN AMSLER DUAL-WHEEL INSTRUMENT FOR ANALYSING RAILWAY WHEEL-RAIL CONTACT

Zudor Levente Béla*, Dr. Zwierczyk Péter Tamás**

ABSTRACT

The properties of the rail-wheel connection have changed significantly thanks to the developments in the industry. Faster and heavier vehicles and their electronic auxiliary equipment have given rise to new types of faults. Using measurements, we examined and demonstrated that the Amsler twin-disc device is suitable for testing tribological connections.

1. BEVEZETÉS

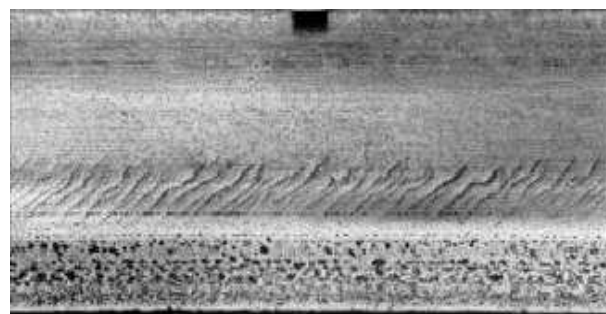
Napjaink vasútipara merőben eltér és nagy utat tett meg a kezdeti állati erővel vagy gőzgéppel hajtott járművek világától. A jelenleg elterjedt és használatos szerelvények az első kötőpályás járművekhez képest nagyobb terhek szállítására alkalmasak, sebességük túlszárnyalja történelmi társaikat, ezzel szemben azonban tömegük is jelentősen nagyobb. A modern járművek számos olyan segédberendezéssel vannak felszerelve (kocsik, mozdonyok egyaránt) amelyek befolyásolják a jármű üzemi viselkedését (pl.: blokkolásgátló, kipörgésgátló berendezések), azonban ezek a berendezések a pályára is hatást gyakorolnak. [1]

Üzem közben, a jármű kerekek nagy terhelés alatt bekövetkező, bár az említett üzembiztonságot és az utazási kényelmet növelő elektromos segédrendszerek, mint a kipörgésgátló és blokkolásgátló rendszerek által korlátozott kerék megcsúszások nem csak mechanikai, hanem nagy lokális hőterheléssel is járnak mind a kerék, mind pedig a pálya esetében. [1]

Ezeknek az üzemi körülményeknek következményeképp új, eddig nem, vagy csak ritkán tapasztalt meghibásodások és tönkremenetek jelentkeztek mind a kerék, mind pedig a sín oldalon egyaránt. Annak érdekében, hogy garantáljuk a biztonságos üzemeltetést és tervezhetővé tegyük a karbantartási munkákat ütemezését, újfajta vizsgálati módszereket szükséges felhasználnunk és mélyebben meg kell ismerni a megjelent hibák okait, keletkezését, forrásait.

Kutatásunk során egy már régóta ismert és gyakran használt több mint 100 éves eszközt kezdtünk felmérni, hogy a már említett új károsodások vizsgálatára milyen körülmények között tudjuk használni. Az Amsler-féle duplatárcsás mérőberendezés alkalmas topológiai vizsgálatokra, viszont a mérőrendszer nem fejlődött a kor előrehaladtával és teljes mértékben analóg maradt. A korszerűtlen mérőegységek miatt a mérések során alkalmaztunk digitális egységeket és kibővítettük a mérhető paramétereket. Az eszköz teljes mértékben megfelel és alkalmas a vasúti kerék-sín kapcsolatának arányosított vizsgálatára. A mérőműszer alkalmas végeeselemes és numerikus számítások validálására és verifikálására, ezeket a méréseket nehezen vagy teljes mértékben lehetetlen és gazdaságtalan lenne valódi vasúti járművekkel elvégezni. [2]

A sínek esetében a head-check repedések szintén a már korábban említett, terhelések, nagyobb terhelhetőségű, de ridegebb sínanyagok, valamint részben vélhetően az említett menetbiztosító berendezések következménye. A repedések a sín fején (a futófelület peremén) jelentkeznek a jellemzően a pálya azon szakaszán, ahol a kigyorsítás történik, valamint kitérők esetében is jellemző tönkremenetel. Jól felismerhető, jellegzetes „V” alakú, egymást 3-25 mm távolságban követő repedéseket alkotnak, ahogy látható az 1. ábrán. [3]



1. ábra. Head-check hajszálrepedések [4]

* doktorandusz, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gép- és Terméktervezés Tanszék

** adjunktus, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gép- és Terméktervezés Tanszék

2. MÉRÉSEK

A mérések megkezdése előtt felmérésre kerültek a jelenleg szükséges fizikai mennyiségek, amelyek mérése elengedhetetlen. A kutatás szempontjából fontos mérési paraméterek a következők:

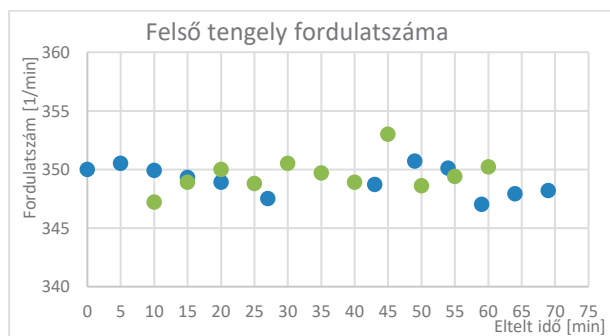
- fordulatszám,
- összeszorító erő,
- súrlódási nyomaték,
- hőmérséklet,
- mérési idő.

A berendezés az alábbi elven működik. A duplatárcsás AMSLER készüléket egy villanymotor hajtja, ennek mozgását leosztva a két egymással szembe forgó tengelyekre. A két tengely fordulatszáma eltérő, hogy folyamatosan biztosítva legyen a csúszás (slip) állapota. A tengelyekre felhelyezett próbatestek folyamatosan egymáshoz vannak szorítva egy rugó segítségével. A rugó egy menetes száron keresztül tudjuk előfeszíteni a kíván értéknek megfelelően. A rugó terhelésének, előfeszítésének értékét egy kilogramm skálán lehet visszakövetni. A készülék tartalmaz mindkét tengelyre egy-egy átfordulás darabszámát mérő tárcsás számlálót. Az alul elhelyezkedő tengelyen egy ingás műszerrel a súrlódási nyomatékot lehet mérni egy centiméter kilogramm skálán és megfelelő papírhenger segítségével ábrázolni is a kilengéseket.



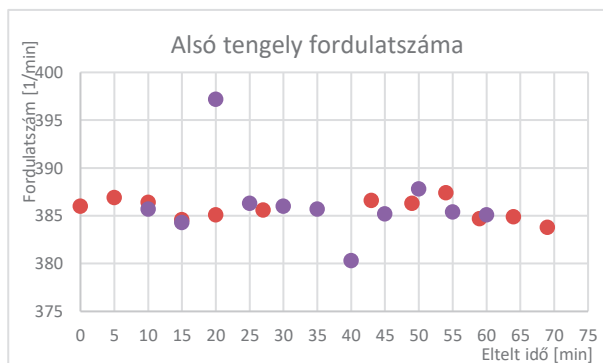
2. ábra. Amsler-féle duplatárcsás mérőműszer

A mérések során megállapítottuk, hogy a készüléket hajtó motor fordulatszáma nem mutat nagy kilengéseket járás közben, ahogy a 3. ábrán is látható, ezért nem szükséges a minden mérés alkalmával folyamatosan nyomon követni a fordulatszámot. Jól látható, hogy a felső tengely fordulatszáma 350 ± 5 1/perc, ezek alapján állandónak tekinthető.



3. ábra. Felső tengely fordulatszám diagram

A 4. ábrán látható az alsó tengelyen mért fordulatszámok görbéje. Azonosan, ahogy az előző esetben, itt sem tapasztalható nagy szórás. Alsó tengely 385 ± 5 1/perc tartományon belül ingadoznak.



4. ábra. Alsó tengely fordulatszám diagram

A lézeres elven működő fordulatszám-mérést kézi eszközzel végeztük. A jelölő matrica felragasztási pontatlansága és a kézi mérés miatt enyhe mérési hiba, figyelhető meg a fordulatszám diagrammon. Az alsó tengely görbéjén ez jól is látható az ötödik mérési pontban.

A mérést egy HoldPeak HP-9236C fordulatszám-mérő készülékkel végeztük, a készülék mérési pontossága $\pm 0,01\%$.

A csúszás (slip) hatására jelentős hő fejlődik az ipari környezethez hasonlóan. A hőterhelés a szerelvények indulási és fékezési pályaszakaszán (ahol a head-check is kialakul) a kis megcsúszásokból adódik.

A Testo 881-3 hőkamera < 50 mK termikus érzékenységgel és magas pontosságú és jól szegmentálható, kontrasztos felvételeket képes készíteni. A hőkamera pozicionálásához egy fényképész állvány került alkalmazásra, hogy a mérési pontok felvételénél a képeket azonos, biztos helyről készüljenek. Az elkészült képek a hőkamara saját programjával kerültek kiértékelésre. A hőkamera és annak mérési elhelyezése a 5. ábrán látható.



5. ábra. Hőkamera és mérési elhelyezése

3. MÉRÉS MENETE

A mérésekhez, egyszerű, széles körben elérhető és jól ismert anyagjellemzőkkel rendelkező alapanyag került felhasználásra, mivel a cél a berendezés alkalmazhatóságának feltérképezése volt. A választás az általános, S235-ös szerkezeti acélra esett, amiből 32 mm-es külső átmérőjű próbatestek kerültek kialakításra, a hengereket 7 mm-es falvastagsággal készültek el. Minden mérésnél a tengelyekre való felszerelés közben kiemelt figyelmet kapott a próbatestek beállítása. Cél az volt, hogy a hengeres próbatestek a teljes külső palástfelületükön érintkezzenek ezzel biztosítva az egyenletes kopást és egyenletesebb járást. Fontos kiemelni, hogy a próbatesteket a geometriájuk kialakítása után semmilyen módon nem kerültek előkészítésre, illetve tisztításra.

Minden mérés során a duplatárcsás mérőkészülék magasabb 2850 1/perc-es fordulatszámra üzemelt. A mérés időtartamát a vizsgálati, teszt mérések alkalmával az egyensúlyi állapot biztos beállásával került meghatározásra. A próbatesteket összeszorító erőt 10 kg-ban került rögzítésre minden mérés esetében.

4. MÉRÉSEK KIÉRTÉKELÉSE

A kiértékeléseket minden alkalommal a próbatestek szemügyre vételezésével kezdődött. A felszínről fényképes felvételek készültek úgy, hogy azok a mérés befejezésének állapotát mutassák, ahogy a 6. ábrán is látható.



6. ábra Próbatestek a mérés után
a) felső tengely, b) alsó tengely

Mivel a mérőműszer a repedések létrejöttének és terjedésének vizsgálatára szolgál megtisztításra került a próbatestek felülete, hogy penetrációs vizsgálatot, illetve mikroszkópos felvételek készülhessenek. Már a szemügyre vételezés során is sejthető volt, de a penetrációs vizsgálat elvégzésével vált bizonyossá, hogy nem alakult ki repedés. A próbatestek anyagának szívós tulajdonsága, a mérések rövid ideje és igénybevétel mértéke nem volt elegendő a képlékeny alakváltozási képesség kimerítéséhez, de az elsődleges cél a mérési folyamat vizsgálata, ideértve annak stabilitása, paramétereinek állandósága volt.

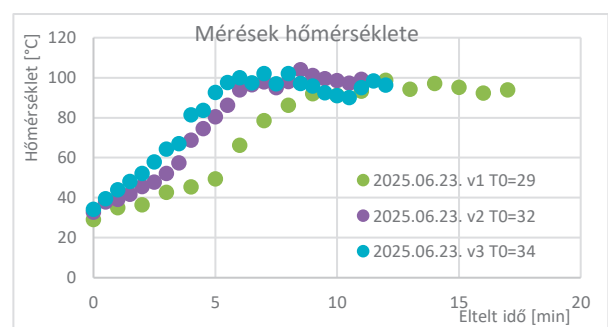
A felületeket tisztítás előtt és után is érdekes elváltozások voltak megfigyelhetők. A felső próbatestesről levált szennyeződések és fémreszelék az alsó próbatestre „hullott” és a felületébe nyomódott és éget a hő hatására. Ahogy a 6. ábrán is látható erős eltérés mutatkozik a bal oldalon található felső tengely és a jobb oldalon lévő alsó tengely felülete között a leállítás pillanata után. A felső tengely felülete egyenletes és fényes, míg az alul elhelyezkedő próbatest felületét szennyeződés borítja.



7. ábra Próbatestek a mérés után

A 7. ábrán látható mikroszkópos képeken is azonosan erős a felületek eltérése tisztítást követően. A bal oldali, felső próbatest felszíne egyenletes, fényes csak egy enyhe peremképződést lehet felfedezni a nem pontos palástfelületi átfedés miatt. A jobb oldali, alsó próbatest felszíne durva és erősen egyenetlen. A mérésközben keletkezett fémreszelék lehullva a folyamatos mozgás miatt barázdákat munkált az anyagba.

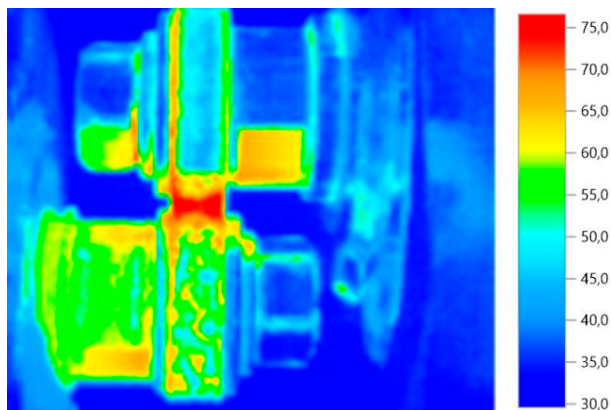
Érdekes megnézni a rögzített hőmérsékleti adatok görbáját is. A 8. ábrán látható a mérés alatt felvett hőmérsékleti mintavételi pontok értéke. A mérés alkalmával három azonos, már korábban is említett próbatest geometriát vizsgáltam megegyező mérési paraméterekkel. Az egyetlen változó a környezeti hőmérsékelt volt, aminek hatására kicsit eltérő görbék alakultak ki. Érdekes megfigyelni, hogy az idő előrehaladtával a maximális vagy állandósult hőmérséklet csökkenni kezd.



8. ábra Mérési hőmérséklet diagram

A jelenséget a hőkamerás képek elemzése után lehet egyértelműen magyarázni. A 9. ábrán látható a felületi hőmérséklet nagy mértékben inhomogén, ami a vártaknak ellent mond. A felületen lerakódott szennyeződés detektálható mértékben megváltoztatja a felület termodinamikai tulajdonságait ezzel érezhetően

változtatva a test felületi hőmérsékletét. A szennyeződés réteg és annak elhelyezkedése, vastagsága folyamatosan változik ezzel a maximális hőmérsékletet befolyásolva.



9. ábra. Próbatest hőmérséklet térképe

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az elvégzett mérések alátámasztják, hogy a készüléket sikerült kiegészíteni a mérések során a szükséges mérőeszközökkel, amelyek alkalmassá teszik vasúti-kerék-sín kapcsolat arányosított vizsgálatára. A kiegészített műszerkészlettel egyszerűen és könnyedén lehetséges a kor elvárásainak megfelelően méréseket végezni. A próbamérések segítségével kiküszöbölésre kerültek a kisebb hibák és hiányosság, hogy a későbbi, hosszú időtartamú mérések biztonságosan folyhassanak.

Nem várt eredményként könyvelhető el, hogy már a próbamérések közben is volt lehetőség következtetéseket levonni, megfigyeléseket tenni, ami új ötleteket és terveket inspirált. Ez a megfigyelés a későbbi mérések során is alkalmazható ismeretanyag és a szennyeződés hatására való lehűlést érdemes mélyebben megvizsgálni.

Kijelenthetjük, hogy az Amsler duplatárcsás készülék teljesen megfelel a vasúti sín-kerék kapcsolat arányosított vizsgálatára. A rövidtávú mérések bebizonyították, hogy hosszabb idejű vizsgálatokat is lehetséges végezni az eszközzel. A kutatás későbbi szakaszában alkalmazható a numerikus és szimulációs számítások ellenőrzésére. Végezhető validációs és verifikációs méréseket a szimulációk eredményeinek alátámasztására. A berendezés lehetőséget biztosít arra is, hogy egy harmadik réteg okozta termikus viszony megváltozást is vizsgáljak, amely bemenő, illetve kontrol adatként szolgálhat kerék-sín kapcsolat hőtani numerikus vizsgálatához.

6. JÖVŐBELI TERVEK

A mérések során kiderült, hogy a műszer alkalmas a szükséges adatok mérésére és a vizsgálatok elvégzésére. Hátrányt jelent, hogy az eszköz műszerei teljesen analóg módon működnek, ez nem felel meg a kor elvárásainak és követelményeinek. Mindenképp szükséges a mérőrendszer teljesen digitális rendszerének kiépítése.

A digitális eszközök alkalmazásán túl egy automatikus mérőhálózat elkészítése is szükséges. Annak érdekében, hogy a teljes repedés kialakulás folyamatát monitorozni lehessen hosszú méréseket kell eszközölni, aminek mérése digitálisan automatizálható.

Annak érdekében, hogy a biztonsági követelményeknek is megfeleljünk a mérési paraméterek rögzítésén túl a vezérlést is irányítani kell. A rendszert vész-stop funkcióval kell ellátni valamilyen bemenő paraméter alapján. A hiba esetén a rendszer leállítja a teljes mérést és naplózza a hibát.

Érdemes megvizsgálni, hogy a hosszútávú mérés során a súrlódásból keletkező szennyeződés okozta lehűlés mennyire jelentős, szükséges-e annak későbbi elemzése és szimulációba implementálása. Meg kell állapítani a hőingadozás mértékének nagyságát, illetve, hogy az mennyire befolyásolja a sín vagy kerék oldali anyagokat.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A Doktoranduszi Kiválóság Ösztöndíj Program (DKÖP) által támogatott projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott, valamint a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem támogatása alapján valósult meg.

8. IRODALOM

- [1] Zwierczyk Péter Tamás. Thermal and stress analysis of a railway wheel-rail rolling-sliding contact. PhD thesis, Pattantyús-Ábrahám Géza Gépészeti Tudományok Doktori Iskola, 2015.
- [2] Renan Carreiro Rocha & Heiter Ewald. Using twin disc for applications in the railway: a systematic review. Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 45(191), 2023.
- [3] Vossloh Group, Ralis defects, <https://www.vossloh.com/en/products-and-solutions/products-at-a-glance/rail-turnouts.maintenance/schienenfehler.html>
- [4] R. Krull, H. Hintze, M. Luke, Eddycurrent Detection of Head Checks on the Gauge Corners of Rails: Recent Results, NDT.net - June 2002, Vol. 7 No.06.