

Roncsolásmentes vizsgálatok a vasúti közlekedés biztonságáért

Marosi Ákos - osztályvezető, MÁV Központi Felépítményvizsgáló Kft., Síndiagnosztikai osztály

1. Bevezetés

A vasúti pályadiagnosztika egyik legfontosabb területe a felépítmény elsődleges teherhordó szerkezetének, azaz a sínek állapotának rendszeres vizsgálata, garantálva ezzel a forgalombiztonság magas szinten tartását, és a pálya fenntartásához szükséges adatokat.

A sínek élettartamának növelése, évtizedek óta folyamatos kihívást jelent a szakemberek számára. A 70-es 80-as években a fő szempont az élettartam növelés tekintetében a kezdeti minőség javítására irányult, úgymint a sínben ébredő feszültségek csökkentése (keresztmetszet növelés, profil korszerűsítés), a síngyártás minőségének javítása (hosszúsín gyártás megvalósítása, méretpontosság növelése, szennyezők csökkentése), sínacélok szilárdságnak növelése (kémia összetétel változtatása, hőkezelés). Napjainkban e követelmények a korszerű síngyártással megvalósultak, azonban a hosszú élettartam szempontjából a kezdeti magas minőség megvalósítása önmagában nem elegendő, legalább ugyanilyen fontos a folyamatos karbantartási tevékenység elvégzése is.

Ahhoz, hogy figyelemmel tudjuk kísérni a pálya állapotát, nélkülözhetetlen a pálya diagnosztizálása és az egyes hibaforrások időben történő felismerése. Ezt erősíti az a kialakuló trend is, hogy a vasúti pálya fenntartásban az 1990-es évek előtt jellemző tervszerű megelőző karbantartást fokozatosan felváltotta a (pályaállapot függő) karbantartási stratégia, mely napjainkban kezd kiegészülni a diagnosztika alapú, preventív jellegű karbantartási szemlélettel, valamint az életciklus költségeket (LCC) szem előtt tartó karbantartási stratégiával.

E körülmények megkövetelték a vasúti pályadiagnosztikával foglalkozó szakemberektől, hogy vasúti alkalmazásokra fejlesszenek ki olyan speciális diagnosztikai eszközöket, melyek alapvető roncsolásmentes anyagvizsgálati eljárásokon alapulnak. A kísérletek a MÁV-nál a pályában fekvő belső sínhibák műszeres felderítésére az 1950-es évek közepén kezdődtek meg. A nyugat-európai vasutaknál hosszú ideig nem volt egyértelmű döntés az ultrahangos sínvizsgálati módszer bevezetése mellett, hanem szinte egy időben foglalkoztak mágneses, radioaktív izotópos, röntgenes és ultrahangos vizsgálatokkal is. A külföldi vasutak többsége – a MÁV-hoz hasonlóan – a megszerzett tapasztalatok alapján az ultrahang-

gal történő sínvizsgálatokat tartotta a legmegfelelőbbnek.

Napjainkban számos vasút specifikus vizsgáló berendezés áll a felhasználók rendelkezésére, az egy és két sínzásas kézi készülékektől kezdve a mérővonalokra telepíthető 50-70 km/h vizsgálati sebességre képes technológiáig. Ezek az eszközök jellemzően a vasúti sínek belső, szabad szemmel nem látható hibáinak felderítésére, azaz a keresztmetszet belsejéből induló repedések, anyagfolytonossági hiányok kimutatására vannak specifikálva.

A vasúti pályát érő igénybevételek ugyanakkor folyamatosan nőnek, köszönhetően az egyre modernebb, nagy teljesítményű, nagy sebességre képes vontató járműveknek és az egyre növekvő vonatforgalomnak. Ennek megfelelően a napjainkban jellemző sínhibák a korábban gyártási eredetű és hegesztési hibák szegmenséből egyre inkább eltolódnak a gördülő érintkezéssel terhelésből eredő fáradásos sínhibák felé. E sínhibák közös jellemzője, hogy nem a sínkeresztmetszet belső tartományából indulnak ki a repedések, hanem a sín futófelületéről kezdődő, a forgalom hatására egyre növekvő repedések keletkeznek.

Bízom benne, hogy e bevezető rávilágít arra a folyamatra, mely a síndiagnosztikai vizsgálatokat egy komplex rendszer szerves és nélkülözhetetlen, folyamatosan fejlődő tevékenységévé teszi. Jelen írásban bemutatásra kerülnek a MÁV KFV Kft. sínek diagnosztikájára irányuló roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerei, melyről elmondható, hogy megfelel napjaink legkorszerűbb technikájának.

2. Roncsolásmentes vizsgálatok a vasúti gyakorlatban

A bevezetőben ismertetett fejlődési folyamatok eredményeként napjainkra kialakultak a vasúti sínek diagnosztikájának jól körülhatárolt vizsgálati módszerei és vizsgáló eszközei, melyek a továbbiakban részletesen bemutatásra kerülnek. A MÁV Központi Felépítményvizsgáló Kft. síndiagnosztikai gyakorlatában az alábbi fő vizsgálatokkal és mérésekkel történik a pályahálózat rendszeres ellenőrzése:

- Ultrahangos sínvizsgálat
- Örvényáramos sínvizsgálat
- Sínek keresztmetszeti kopásának mérése
- Hullámos sínkopás mérés

3. Ultrahangos vizsgálat

Az ultrahangos vizsgálat tekinthető a síndiagnosztika egyik fő tevékenységének, mely egyben a legnagyobb tömegben végzett vizsgálat is. Az alapvető forgalombiztonság fenntartásának rendszeres eszköze, mely a sín (1. Kép) és hegesztési hibák sántó-



1. kép: Ultrahangos vizsgálattal kimutatott sínhiba

résig történő fejlődési kockázatának minimális szinten tartásához elengedhetetlen. Éves szinten közel 25.000 km vágány ellenőrzése történik meg a kézi és gépi mérőeszközökkel a MÁV KfV Kft. szakemberei által a MÁV és GYESEV vasútvonali mellett további három szomszédos országban.

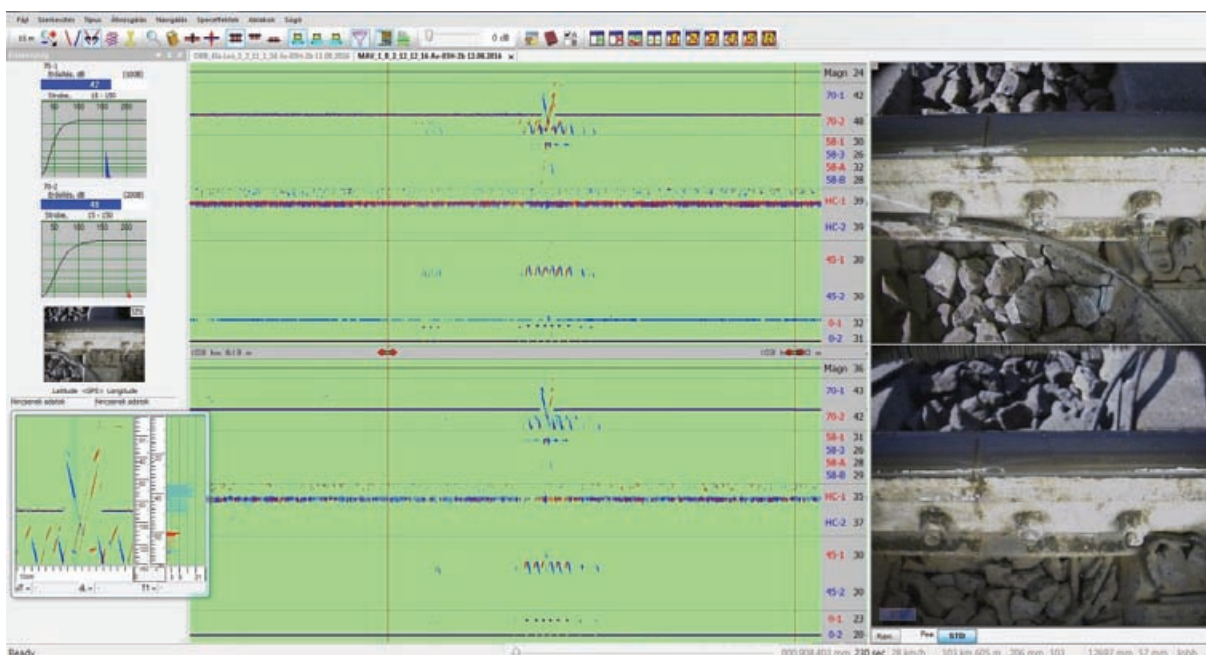


2. kép: Mérő forgóváz és mérő gerenda az ultrahangos vizsgáló fejjel

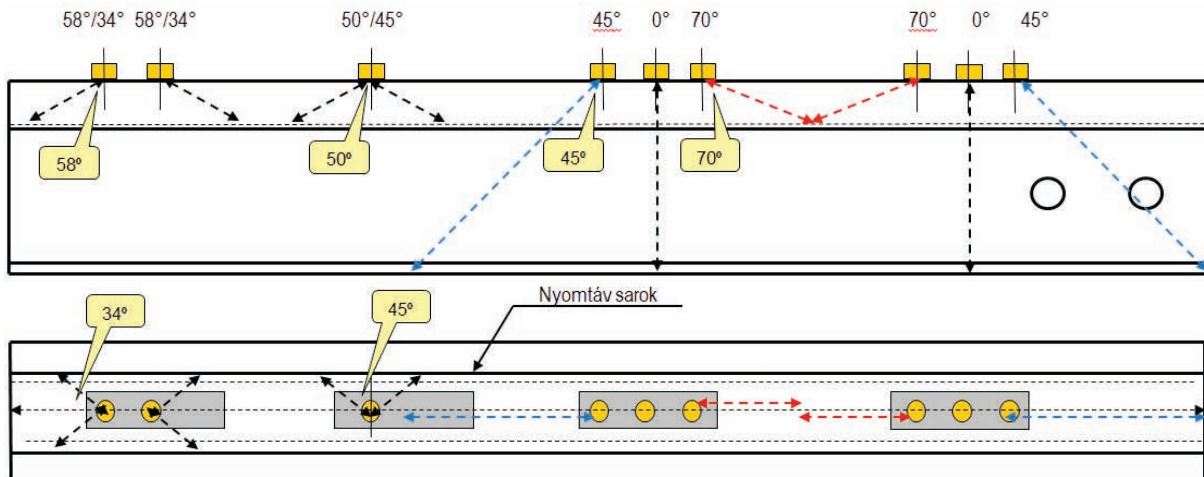
Mérővonati ultrahangos vizsgáló rendszer

A mérővonatra telepített ultrahangos vizsgáló rendszer alkalmas fővágányok nagy volumenű folyamatos vizsgálatára. A mérőrendszer sínszalanként 12 ultrahangos csatornával rendelkezik. A vizsgálófejek pontos pozícionálását (sín középtengelye) és a kitérőkön való biztonságos áthaladását a mérőkocsi közepén elhelyezkedő mérő-forgóváz és annak tengelyei között vezetett mérőgerenda biztosítja (2. kép).

A vizsgálófej csoportok öntött, esztergált műanyag fejhajókban vannak elhelyezve. A maximális vizsgálati sebesség jó minőségű hézag nélküli pályán 70 km/h. A vizsgálat során az egyes ultrahangos csatornák „A” és „B” képei valós időben megjelennek az operátor előtt, aki szükség esetén (csatoláshiány,



3. kép: Ultrahangos vizsgálat „B” képe videó képpel kiegészítve



1. ábra: FMK-008 és SDS mérőkocsi besugárzási elrendezése

sérülés, nem megfelelő pályaállapot, stb.) be tud avatkozni. A vizsgálat során az „A” és „B” képek folyamatosan rögzítésre kerülnek, és a regisztrátum már párhuzamosan a vizsgálat közben értékelhető. A kiértékelő munkáját nagyban segítik a sínszálakról készített jó minőségű lineáris video kamera képek, melyeket a „B” képek mellé szinkronizáltan hozzá illeszt a rendszer (3. kép).

A mérőrendszer a MÁV KfV Kft. FMK-008, valamint SDS síndiagnosztikai szerelvényein üzemel.

Alkalmazott vizsgálófejek sínszálanként 2 db mérőleges, 2 db 45° (előre, hátra), 2 db 70° (előre – hátra), 4 db 58°/34° mely függőleges értelemben 58°, vízszintes értelemben pedig a sín hossz tengelyéhez képest 34°-al kiforgatott vizsgálófej (előre, hátra irány, vízszintes értelemben pedig mindkét irányban kiforgatva) és 2 db 50°/45°-os fej. Az alkalmazott vizsgáló frekvencia 2,5 MHz. A besugárzási elrendezést egy sínszálra vonatkozóan az 1. ábra szemlélteti.

A fenti képeken és ábrán jól látható, hogy az ultrahangos szondák a sín futófelületén, a sín hossz tengelyében vannak vezetve. Ezt a pozícionálást megköveteli az a kívánalom, hogy a sínfej mellett a teljes síngerinc egészen a sántalpig vizsgálható legyen. Egyfajta kötöttséget jelent, hogy a mérőgerenda keresztirányú mérete bizonyos pályaszerkezeti elemek miatt csak korlátozott méretű lehet, mely így nem teszi lehetővé sínfej szélső keresztmetszeteinek közvetlen, futófelületről történő besugárzását.

A gördülő érintkezéssel terhelésből eredő fáradásos repedések (Head-Check) zónájának, valamint a sínfej szélső tartományában lévő hibák (4. kép) megbízható detektálása vezetett a fentiekben ismertetett besugárzási elrendezés kifejlesztéséhez. Az ismertetett kötöttségek miatt ebben az esetben ugyanis az ultrahang nyalábot nem lehet közvetlenül a repedésekre irányítani, hanem a sín válláról

visszaverődve kell az ultrahang hullámoknak elérni a reflektáló felületet. Ilyen vizsgáló fejek az 58°/34°-os és 50°/45°-os szondák a mérővonati rendszerben. A Head Check zóna e módon történő közvetett (ugrás távolságú) besugárzása miatt nehézkes a repedések futófelületről mért mélységének a meghatározása. Az 50°/45°-os vizsgálófej viszonylag nagy érzéken-



4. kép: Head Check hibából eredő sántörés

séggel bír, azonban a mérőrendszer által rögzített regisztrátumon a repedésekről kapott indikációkat jelenleg még nem lehet egyértelműen értékelni és párhuzamba állítani az örvényáramos mérőrendszer által szolgáltatott Head Check repedések károsodási mélységével. A Head Check sínhibák ultrahangos vizsgálatának témaköre, annak fontossága és szakmai kihívásai miatt a jövőben érdekes fejlesztési irány lehet a sínvizsgálatok területén.

Ultrahangos sínvizsgáló kiskocsik (USK)

A kiskocsik alkalmazási területe első sorban olyan másodrendű vasútvonalakra koncentrálódik, melyek mérővonattal nem vizsgálhatók, valamint állomási mellékvágányok és kitérők vizsgálata végezhető el hatékonyan ezzel a mérőeszközzel. A kiskocsik váza az elektronikai egységek, akkumulátorok és



5. kép: Ultrahangos sínvizsgáló kiskocsi

csatolófolyadék hordozására, valamint a berendezés ergonomikus kezelésére szolgál, a kiskocsik kerekei és speciális fejvezető egysége pedig a mérőszondák megfelelő pozícionálását biztosítja a sín futófelületén. Egy ilyen kiskocsit láthatunk az 5. képen. Cégünknel ugyanakkor jelenleg folyamatban van egy fejlesztés az USK kiskocsik korszerűsítésére, melynek során a meglévő gyakorlati tapasztalatokat felhasználva

a mai kornak és elvárásoknak megfelelő elektronikával felvértezett (A és B képes megjelenítés, regisztrátum rögzítése) ergonomiailag is testreszabott vizsgáló eszköz megalkotása a cél.

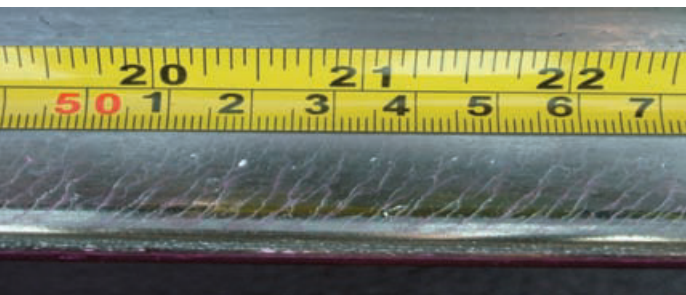
A vizsgáló elektronika egyszerre 9 ultrahangos csatornát tud kezelni, mely lehetővé teszi komplexebb besugárzási elrendezés alkalmazását, azaz a sínkeresztmetszet egyidejű letapogatását több ultrahangos vizsgáló szondával

4. Örvényáramos vizsgálat

Mielőtt rátérnék a vasúti környezetben alkalmazott örvényáramos vizsgálati technika bemutatására röviden érdemes összefoglalni a Head Check sínhibák legfontosabb tudnivalóit, mely jelenség ezt az anyagvizsgálati eljárást napjainkra a sínvizsgálatok rendkívül fontos tevékenységévé tette az ultrahangos vizsgálat mellett.

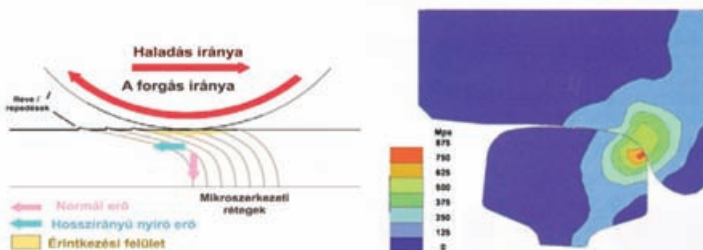
Head Check sínhibák ismertetése

A gördülő érintkezési fáradásból eredő sínhibák egyik legelterjedtebb, legnagyobb tömegben jelentkező típusa, a sín futófelületén, a kerék-sín érintkezési pont környezetében kialakuló hajszálrepedések rendezett sorozata. Ezek a repedések sűrűn,



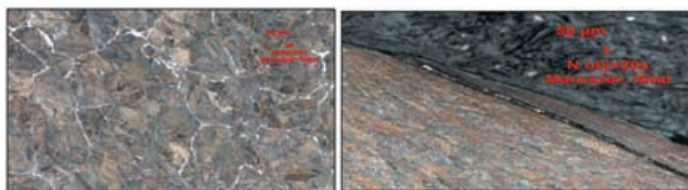
6. kép: Head Check repedések a futófelületen

egymástól néhány milliméter távolságban, a sín hossz tengelyével kb, 45°-os szöget bezáróan jelennek meg a futófelületen, így egy méteres szakaszon akár több száz repedéssel is találkozhatunk (6. Kép). A képen látható repedések első sorban a kerék-sín érintkezési pont fokozott igénybevétele és a jelen lévő súrlódó erők hatására alakul ki (2. ábra). A nagy teljesítményű és tengelyterhelésű mozdonyok kerekei a sínfejjel „körömnymi” felülettel érintkezve, - első sorban gyorsításkor és fékezéskor - nagy hosszirányú csúszatóerőt közvetítenek a felületre, ami a sínfej felső rétegében a kristályrácsok összenyomódását és egymáson való elcsúszását eredményezi.



2. ábra: Repedések kialakulása a hosszirányú nyíróerők hatására és a feszültség eloszlás a sínkerék érintkezési pontban (egy pontos érintkezés esetén)

A nagy feszültségek következtében kialakult folyamatos nagymértékű képlékeny alakváltozás hatására a futófelület közeli rétegek szövetszerkezete átalakul, az anyag felkeményedik, akár az alapszövet keménységének másfélszeresére is. Az ilyen nagymértékű alakváltozás az anyag alakváltozó képességének kimerülését eredményezi, ami repedések kialakulásához vezet (7. kép). A hiba minden



7. kép: Ép alapszövet a bal oldalon és a repedés környezetében deformálódott szövetszerkezet a jobb oldali felvételen

vágánytípuson előfordulhat, de jellemzően az ívekben és a síndőlés nélküli kitérőkben találkozhatunk vele. Azokban az ívekben, amelyeknél túlemelés hiány van, nagyobb valószínűséggel található meg a hiba. Az eddigi vizsgálatok alapján elmondható, hogy a sín korától és összetételétől függetlenül minden sántípuson megjelenik ez a fajta sínhiba, azonban a sín anyagminősége jelentősen befolyásolja a

repedések kifejlődésének gyorsaságát, a repedések alakját, és sűrűségét. A fejrepedések kialakulhatnak elszeparáltan is, pl. nyomszűkülettel rendelkező egyenes pályaszakaszokon, de tipikusan egy hosszabb vágányhosszon vannak jelen, jellemzően egy ív külső sínszálának teljes hosszában, ahol az elsődleges menetirány (kétvágányú vonalak), vagy az erőteljes vontatási irány (egyvágányú vonalak nagy hosszlejtésű, gyorsítási, fékezési szakaszai) a jellemző.

A repedések kialakulását és növekedését alapvetően két fázisra lehet osztani (3. ábra):

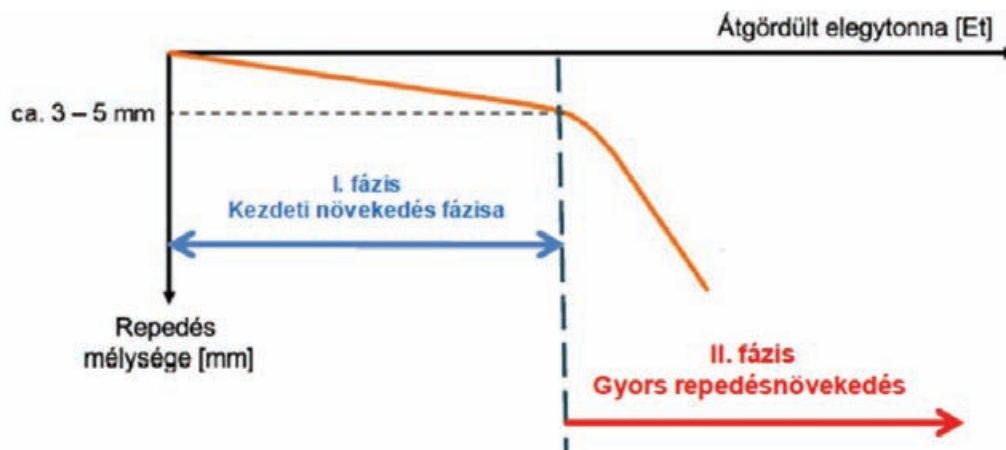
- I. fázis: kezdeti növekedés fázisa, csekély repedésfejlődés,
- II: fázis. gyors növekedés fázisa.

Kezdetben a kerék-sín kapcsolatnál a terhelés hatására bekövetkeznek a képlékeny alakváltozások, és a felkeményedés. Ennek jeleit az érintkezési zónában elszíneződött, barnás árnyalatú sávok mutatják.

Miután a Head Check repedések a sín e felső igen

desi irányát és egy lényegesen nagyobb szög alatt növekszik tovább a sínfejben, egyre növelve a sántítás kockázatát.

A Head Check sínhibára a 2000-es évek elejétől figyelt fel a szakma az Egyesült Királyságban (Hatfield) bekövetkezett siklásos, sajnos halálos áldozatokat is követelő vonatbaleset kapcsán. Mára a Head Check hibák majd minden vasúttársaság hálózatán – a MÁV hálózaton is – megjelentek. A hibák különböző súlyossági állapotának megfelelően a vasúttársaságok számára egyaránt fontos szempont, a már súlyosan károsodott szakaszok kiszűrése a forgalombiztonság megfelelő szinten tartásához, hosszabb távon pedig a kialakuló hibák kellő időben történő rendszeres diagnosztizálása, mely alapján karbantartási stratégiát lehet kidolgozni a gazdaságosabb pályafenntartás érdekében. Mindkét cél eléréséhez a roncsolásmentes anyagvizsgálati eljárások vasúti környezetben való alkalmazása és fejlesztése jelenti a megfelelő megoldást.



3. ábra: Head Check hibák növekedési fázisai

szilárd rétegén átjutnak mintegy 30°-os szögben tovább növekednek a sínfej belseje felé kb. 3-5 mm-es mélységig. Ezzel egyidejűleg a repedések futófelületen látható hossza is növekednek. A kritikusnak mondható felületi repedéshossz kb. 20 mm-nél állapítható meg. Eddig a repedések lassabb tempóban és kisebb szögben növekednek.

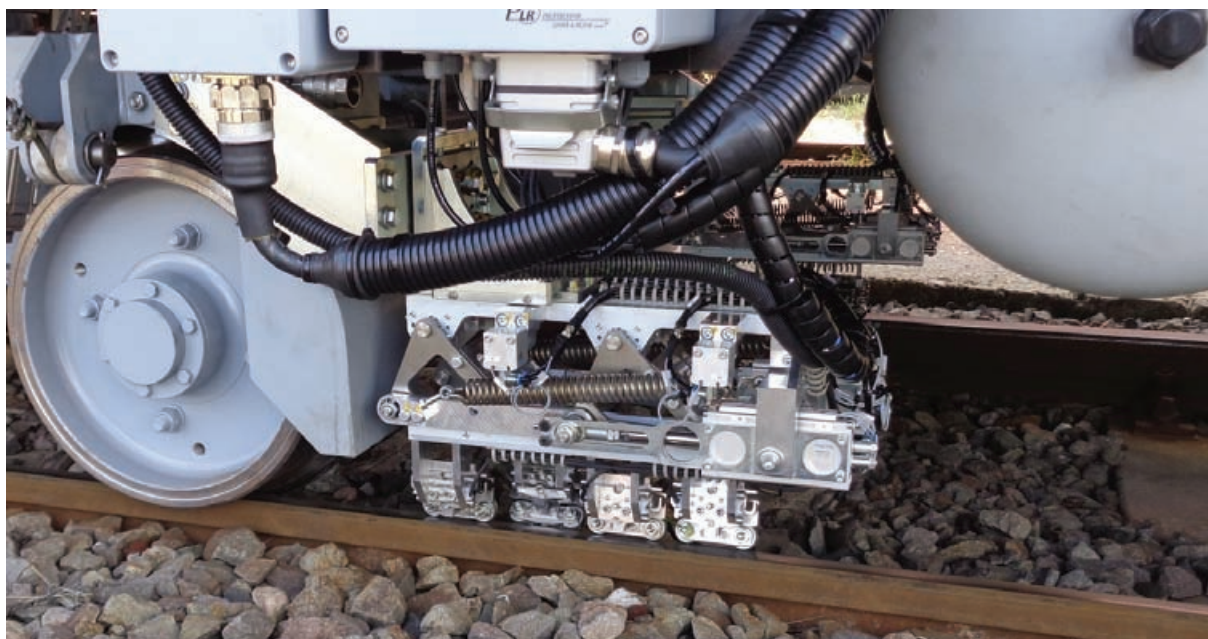
A mintegy 3-5 mm-es repedésmélységtől a sínfej hajszálrepedései megváltoztatják növekedésük lefolyását, melynek során alapvetően két lehetőség van.

A szomszédos repedések együtt növekednek a felület alatt, ami aztán később kitörésekhez vezethet a futófelületen.

A látható repedéshossz növekszik a futófelületen, ezzel egyidejűleg a repedés megváltoztatja növeke-

Mérővonati örvényáramos vizsgáló rendszer

Mivel a Head Check hibák esetén a futófelületről induló, felület közeli repedések diagnosztizálása az alapvető feladat, így az örvényáramos technológia kiválóan alkalmas e repedések kimutatására már az egészen kis mélységű, kezdeti stádiumban lévő hibák esetén is. További előnye e vizsgálati eljárásnak, hogy még a vizuális és penetrációs módszerek csak a repedések felületi hosszára szolgáltatnak konkrét információkat, addig az örvényáramos vizsgálat eredményei a repedések mélységével is összhangba hozhatók. A pályakarbantartás szempontjából a repedések mélysége sokkal informatívabb adat, mivel ennek ismeretében már különböző karbantartási munkákat (síncciszolás, sínköszörülés, sínmarás) is jól lehet tervezni.



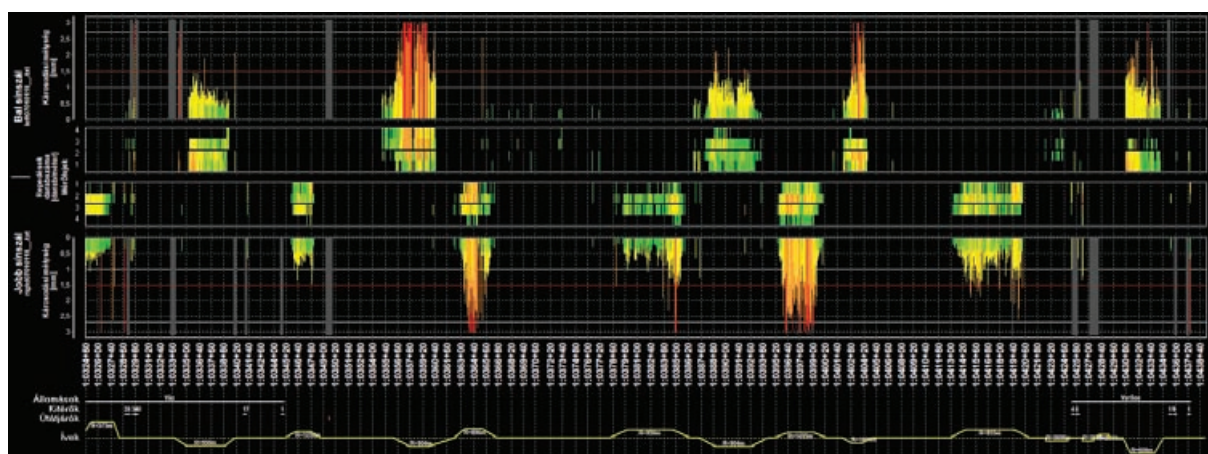
8. kép: Gépi örvényáramos mérőrendszer vizsgáló szondái

A gyakorlatban számos vasúti vizsgálatokra kifejlesztett mérőeszköz áll az anyagvizsgáló szakemberek rendelkezésére. Közös jellemzőjük, hogy a Head Check repedések mélységének számított értékét (károsodási mélység) szolgáltatják fő adatként, melyhez a nemzetközi gyakorlatban meghatározott 25°-os kiértékelési szöveget veszik alapul. E műszerek mérési tartománya jellemzően 0,01 – 3,00 mm, így leginkább a repedések kialakulási és kezdeti növekedési stádiumában szolgáltatnak megbízható adatokat, a pályakarbantartás számára

A pályahálózaton tömegesen jelentkező Head-Check hibák feltérképezése, károsodás folyamatának és ütemének megismerése valamint kézzel tartása megköveteli, a nagy teljesítményű mérővonati vizsgáló rendszer alkalmazását. A MÁV KfV Kft-nél, mindkét síndiagnosztikai mérővonatra (SDS és FMK-008) ugyan azt, a német cég által gyártott ör-

vényáramos mérőberendezést telepítettük, mellyel egyszerre mindkét sínszál örvényáramos vizsgálata elvégezhető akár 70 km/h sebesség mellett. A vizsgálat során mindkét sínszálon 4-4 db örvényáramos szonda diagnosztizálja a sín futó és vezetési felületének meghatározott pozícióiban a kialakult hajszálrepedéseket. A szondák vizsgálat közbeni állandó pozícióban tartását (távolság a futófelülettől) kis átmérőjű acélgörgők biztosítják. A vizsgáló mechanika a mérőforgóváz kerekei elé nyúlik ki egy konzolra keresztül (8. kép).

A hibák minősítése a károsodási mélység alapján történik, melynek méterenkénti maximális értékét és az adott méterhez tartozó repedés darabszámot szolgáltatja a mérőrendszer mindkét sínszálra. A mérési eredmények irodai programban, út alapú diagramon, tetszőleges léptékben, szemléletes formában ábrázolhatók ezáltal könnyen áttekinthető a



4. ábra: Head Check hibák grafikonja egy állomásközbe

vizsgálat pályaszakasz állapota (4. ábra) és a szükséges karbantartási munkálatok megtervezhetők.

Kézi örvényáramos sínvizsgáló rendszer

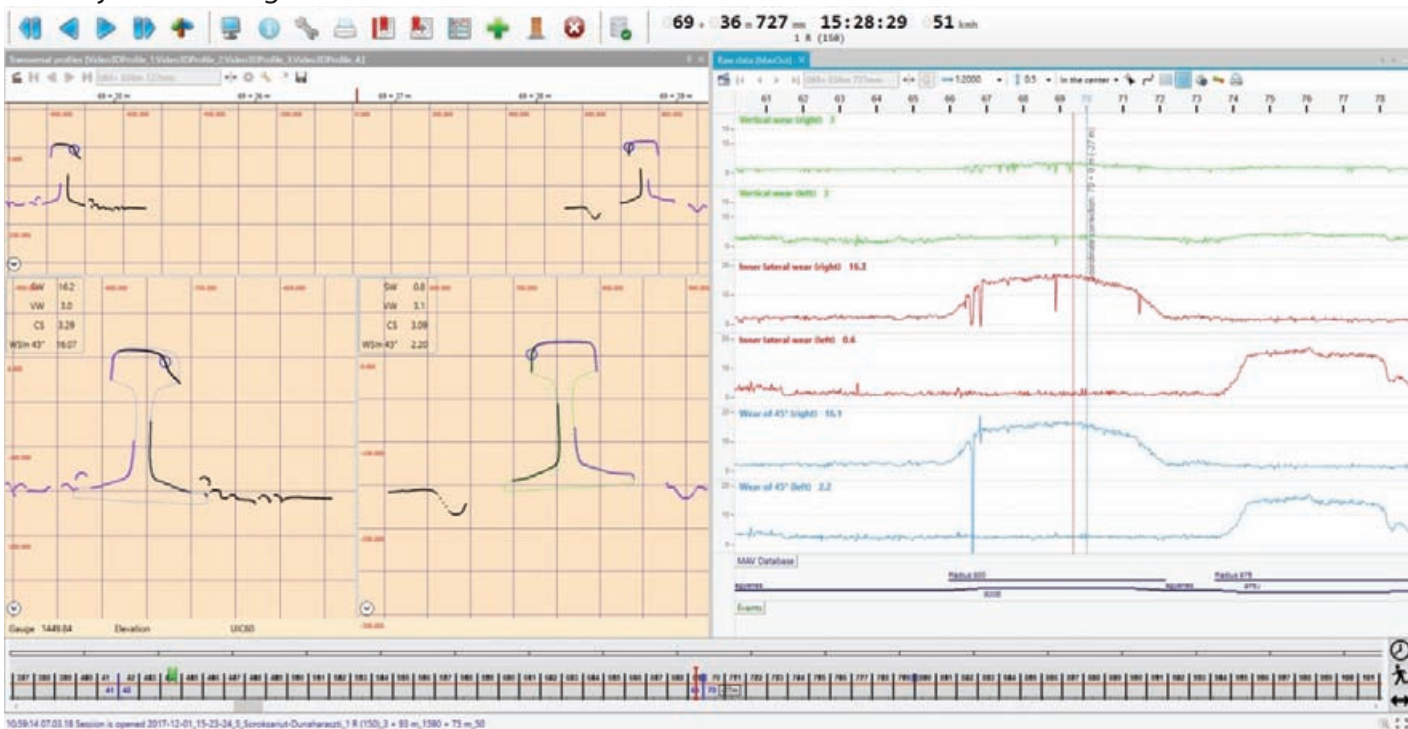
A kézi örvényáramos műszerek a mérővonati rendszerrel egyező paramétereket szolgáltatnak, mint a repedések károsodási mélysége és darabszáma egy méteren azonban egyidejűleg egy sínszál vizsgálatára alkalmasak összesen 4 mérőszondával. Alkalmazásuk első sorban kitérők, vizsgálatára koncentrálnak.

5. Sínek keresztmetszeti kopásának mérése

Az üzemszerű használat során a közlekedő járművek kerekei a vágány sínjeivel vannak kapcsolatban, azokat folyamatosan koptatják, lapítják, esetleg deformálhatják. A síndiagnosztika fontos eleme a vasúti

felvehető, ilyenek például a külső oldalkopás-síndőlés, sínfej szélesség, magasság, stb.

A mérővonatra telepített gépi sínprofilmérő berendezés mérőfejei a sínszálak felett helyezkednek el a sín futófelülete fölött 258 mm-el, a mérőkocsi futó forgóvázának közvetlen közelében. A mérőrendszer sínszálanként 2-2 lézer egység segítségével dolgozik. A sínszálra vetített lézersugarak képét optikai kameracsoport veszi fel és illeszti a szabványos szintípusra, melynek alapján a kopási paraméterek számíthatók. Ennek megfelelően ez az elv érintkezésmentes mérést tesz lehetővé, maximum 120 km/h sebességgel. A jó adatgyűjtés érdekében 2-2 lézer egység és optikai kamera rendszer került sínszálanként elhelyezésre egy-egy sínprofilmérő egységben. A sínkopási jellemzők tehát a gyári sínprofilhoz képest adják meg az eltéréseket, ezért a sínprofil mérés során a vizsgált sín típusát, annak gyári keresztmet-



5. ábra: Kopott sínkeresztmetszet a jellemző sínkopási paraméterek grafikonjával

vágány sínjeinek alak és kopás szempontjából történő ellenőrzése, a kopási folyamat nyomon követése és a határértékeket meghaladó keresztmetszetek kiszűrése. E feladatnak tesz eleget a sínprofil mérés. A sínprofil mérés során a sínkeresztmetszet több jellemzőjét vizsgáljuk.

Ezek közül legfontosabbak a következők:

- Magassági kopás, oldalkopás, valamint e két értékből számított kiegyenlített magassági kopás.
- Ezekon kívül még számos sínkopási paraméter

szeti adatait is ismerni kell. Az egyes sínkeresztmetszeti jellemzők mértékét előírás szerinti határértékek szabályozzák. A mérővonalainkon működő sínprofil mérőrendszerek az egyes sínkopási paramétereket grafikus formában (5. ábra) az út függvényében megjelenítik, valamint a megrendelő által kért jellemzőkről nyomtatott grafikonokat, illetve a határértéket túllépett helyekről hibalistát szolgáltatnak. Az irodai számítógépes rendszer segítségével további elemzések készíthetők.

Egyenértékű kúposság paraméter

Az egyenértékű kúpossággal való foglalkozás viszonylag új téma a felépítmény diagnosztikában, mely szorosan kapcsolódik a sínprofil méréshez. A kötelezően alkalmazandó infrastruktúra ÁME (átjárhatósági műszaki előírás) megjelenése óta kell a témakörrel alaposabban megismernedni. Az egyenértékű kúposság egy olyan mennyiség, amely egy adott kerékpár keresztirányú mozgását jellemzi egy adott vágányon, állandó sebességű haladás és egyenes pálya esetén. Az egyenértékű kúposság a kigyózó-mozgást befolyásolja, és ezen keresztül a járművek keresztfutási stabilitására, illetve az utasok lengéskényelmére, komfortérzetére van kihatással. Nagy értéke esetén instabil futás alakulhat ki, mely szélsőséges esetben siklás veszélyt is jelenthet.

Mivel az egyenértékű kúposság a kerékpár és sín-pár kölcsönhatását leíró mennyiség, így a számításának elvégzéséhez pályás szempontból a sínprofil, síndőlés és a nyomtáv a három szükséges paraméter, jármű oldalról pedig a kerékprofil és kerékhátlap távolság a bemenő adat. Számítható elméleti új profilok és valós, mért kopott profilok alapján is. Különböző célokra e profilok különböző párosításai használatosak:

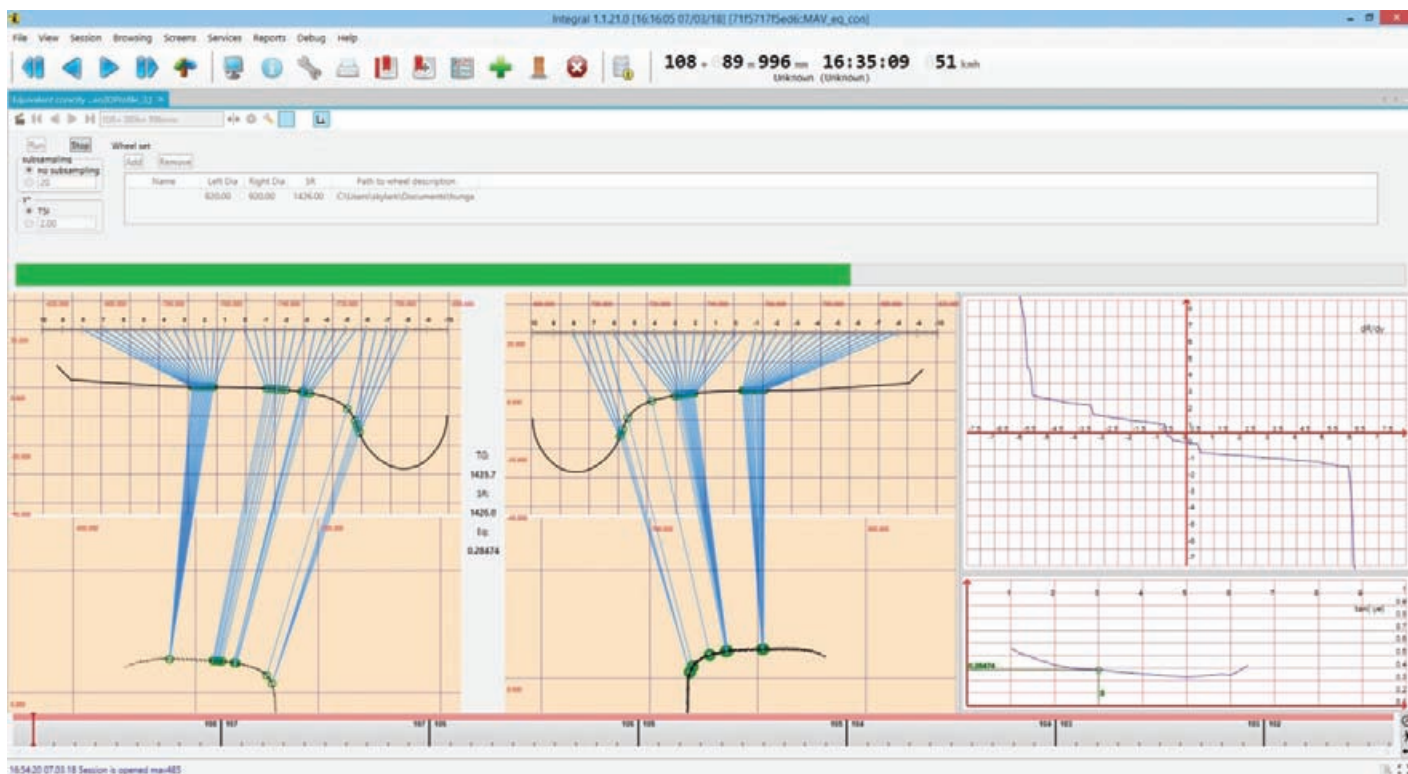
- elméleti új kerékprofil-pár – elméleti új sínprofil-pár: pálya-tervezésnél, jármű-tervezésnél használják;

- elméleti új kerékprofil-pár – mért, kopott sínprofil-pár: pálya üzem közbeni minősítéséhez használják;
- mért, kopott kerékprofil-pár – elméleti új sínprofil-pár: járművek üzem közbeni minősítéséhez használatos;
- kopott kerékprofil-pár – kopott sínprofil-pár: új járművek típusvizsgálata során a befutandó pálya minősítéséhez, illetve üzem közben felmerült futási problémák behatóbb vizsgálatához használják.

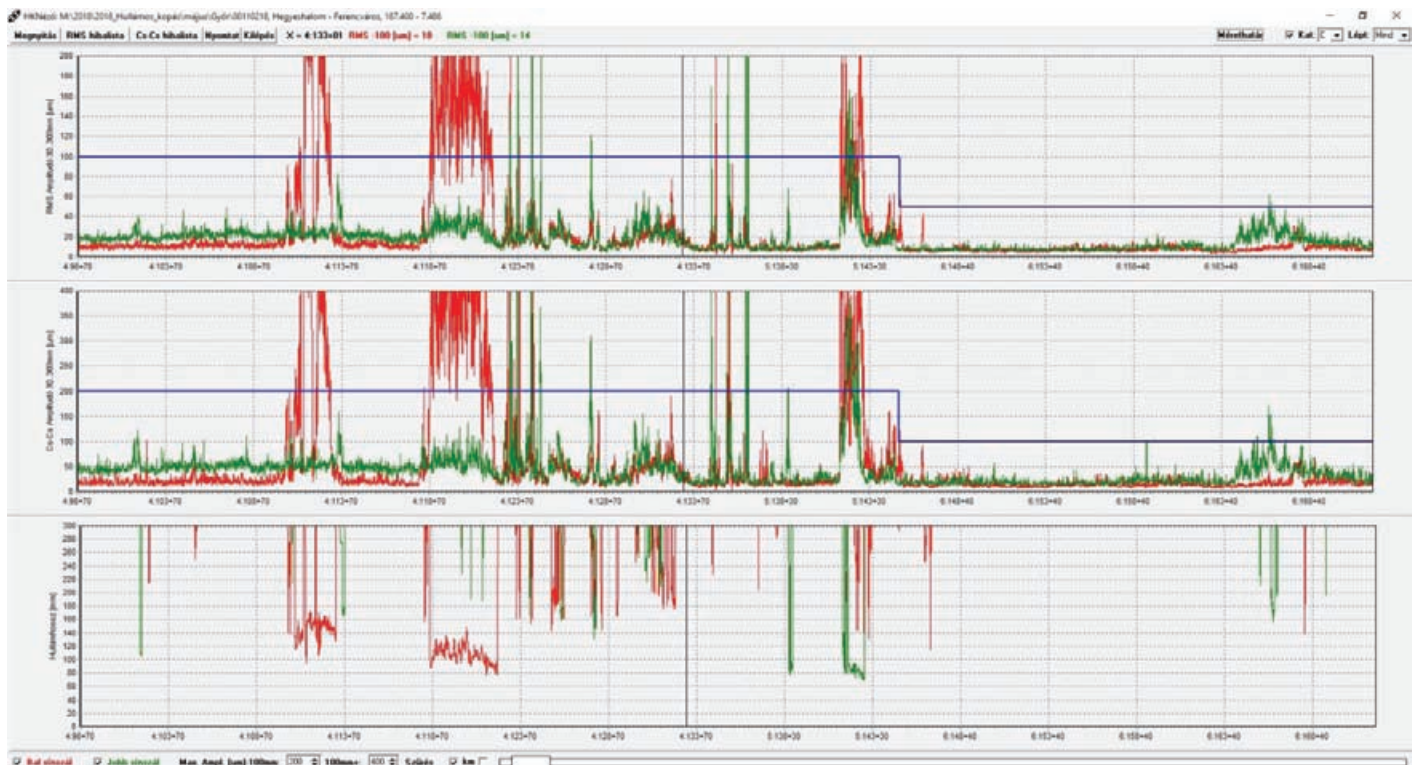
A 6. ábrán az egyenértékű kúposság számításának első lépései láthatóak, azaz a keréksugár-különbség előállítás a kerékpár keresztirányú kitérésének függvényében, melyhez egy tartományon belül minden keresztkitérésre illeszteni kell egymáshoz a kerékprofil-párt és a sínprofil-párt. A számítás az FMK-008 mérőkocsin üzemelő sínprofil mérőrendszer szoftverével elvégezhető.

6. Hullámos sínkopás mérés

A vasúti sínek magassági és oldalkopása mellett, jellemzően a kissugarú ívek belső sínszálán figyelhető meg a sínfej felületi hullámos kopása. Ezek általában rövid hullámhosszúságú (30-300 mm) kopások, kis hullámmélységgel, ismétlődésük szabályosnak mondható. A gyakorlatban előfordulnak hosszabb



6. ábra: Egyenértékű kúposság számítása



7. ábra: Hullámos sínkopás mérési grafikon

hullámhosszúságú hibák is, ezek már szemmel nem megfigyelhetők. A hullámos sínkopás vizsgálata az utóbbi időszakban került előtérbe, ugyanis a pálya-sebességek növekedésével a hatásuk egyre jobban megmutatkozik. A sín futófelületén kialakuló hullámos sínkopással érintett pályaszakaszokon átgördülő szerelvények jelentős többlet dinamikus erőhatást okoznak mind a jármű, mind pedig a vasúti felépítmény számára.

A sínek ilyen jellegű futófelületi hibáit hosszuk és mélységük alapján osztályozzuk és hullámosodás (10-30 mm), rövid (31-300 mm), és hosszú hullámú (301-1000 mm) hullámos kopás megnevezéssel különböztetjük meg. A hullámhosszak néhány centimétertől több méterig terjedhetnek, a mélységük a százmilliméteres nagyságrendtől kezdve nagyobb hosszak esetén elérheti a néhány milliméteres nagyságot is.

A mérővonatokon működő mérőrendszer képes a hullámoskopás nagyságát megmérni, azaz a kialakult hullámok amplitúdóját (A) valamint hullámhosszát (W) meghatározni a 30 – 300 mm-es hullámhossz tartományban. Sínszálanként két-két induktív tekercs van elhelyezve a hőmérsékletfüggőség kompenzálás miatt egy megfelelő bázishosszúságú ultrahangos fejhajóban. A mérés kontaktus nélkül, nagy felbontású induktív érzékelőkkel történik, melyek a bázissík és a futófelület közötti távolságot rögzítik. Az egyes érzékelők mérési tartománya

5mm. E tartományon belül a mérőfejek felbontása jobb, mint 1µm, ami lehetővé teszi a nagysebességű pályákon történő mérést.

A mérőrendszer által szolgáltatott eredmények (amplitúdó és hullámhossz értékek) irodai programban út alapú diagramon, tetszőleges léptékben szemléletes formában sínszálanként megjeleníthetők (7. ábra). Az mért amplitúdók kiértékelése két módszer szerint is megtörténik, csúcstól csúcsig (MÁV D.54. sz. utasítás), valamint az RMS (EN 13231-3) értékek formájában A mérethatár értéket meghaladó szakaszokról hibalista generálható a további elemzések elvégzéséhez. A sínkarbantartási munkák (csiszolás, köszörülés, marás, gyalulás) megtervezéséhez a Head Checking hibák mellett szintén fontos és figyelembe veendő paraméter.

7. Egyéb vizsgálati módszerek

Az előzőekben ismertetett, nagy volumenben végzett négy fő sínvizsgálati módszer mellett érdemes még említést tenni a sínek semleges hőmérsékletének méréséről, valamint az egyenességmérésről.

Semleges hőmérséklet mérés

Az összehegesztett sínekben, vagyis a hézag nélküli vágányokban jelentős hosszirányú erők lépnek fel. A hézag nélküli vágányokat úgy kell megépíteni és fenntartani, hogy stabilitásuk bármilyen előfordu-

ló sínhőmérsékleten fellépő hőmérsékleti erők és a járművek által átadott erők hatása alatt is megmaradjon. A tényleges semleges hőmérséklet (az a sínhőmérséklet, amelynél a sínszálban nincs hőmérsékleti feszültség) megbízható ismerete a vasút biztonságos üzemeltetésének egyik fontos kérdése. A vágány tényleges semleges hőmérséklete (TSH) sokféle ok miatt nem marad meg a kialakítási értéken. A TSH rendkívüli fontossága miatt annak helyes kialakítását méréssel szükséges ellenőrizni, a forgalom biztonsága, valamint a HN (hézagnélküli) vágányokban szükséges munkák szakszerű elvégzése érdekében!

A TSH meghatározásának egyik módszere az úgynevezett RailScan műszerrel történő mérés. A RailScan készülék a mért felületet hossz- és keresztirányban átmágnesezve kapott Barkhausen zajból egy mágneses jellemzőt határoz meg. E mágneses jellemző értéke függ a sínben lévő nyomó ill. húzó feszültség értékétől. A termikus feszültség értéke változik a sín hőmérséklet függvényében, így ha különböző sínhőmérséklet mellett meghatározzuk a mágneses jellemző értékét, akkor számítani lehet a sínszál semleges hőmérsékletének értékét. Az eljárás hátránya, hogy két különböző hőmérsékleten (min. 7°C különbség) kell ugyanazokban a keresztmetszetekben elvégezni a mérést.

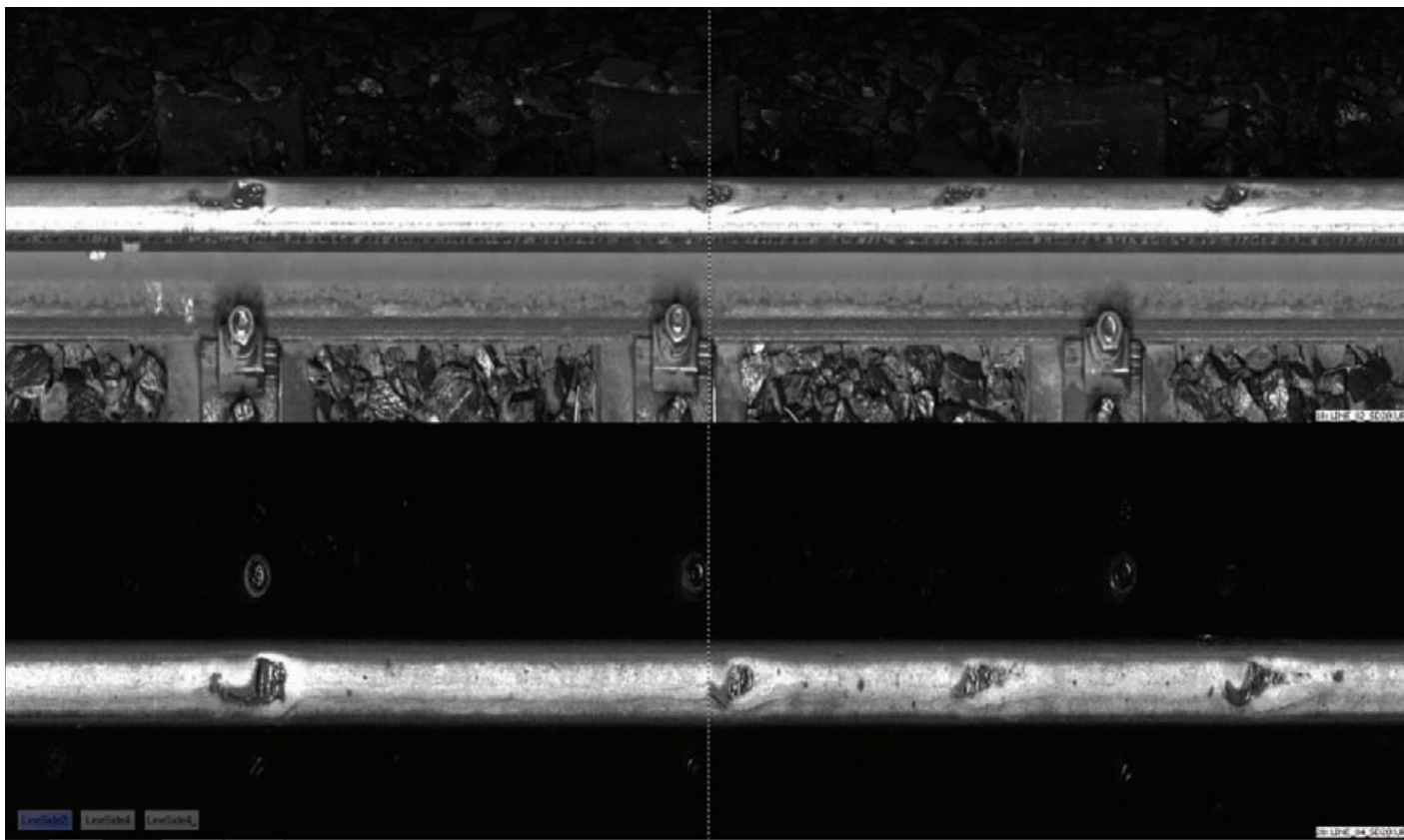
Egyenességmérés

A sínekben a hegesztések kialakításával egy kemény pont került elhelyezésre, melynek geometriai egyenessége nagymértékben befolyásolja a vágány állapotát. A hegesztéseken fellépő tizedmilliméteres futófelületi hibák jelentős vágánygeometriai hibákat okoznak. A hegesztések kivitelezéskor az egyenességet kezdetben csak acélvonalzóval ellenőrizték, de a sebesség emelkedése, a minőségre való nagyobb igény, a pályafenntartási költségek csökkentése egy új vizsgálati eljárást a műszeres egyenesség méréstette szükségessé. Ennek az eszköznek a segítségével a sínszálak egyenességének a mértéke (futó és vezetőfelületen) nagy pontossággal mérhető és eltartható.

Az egyenességmérő készülékek 1 m hosszúságú mérőgerendából és a hozzá csatlakoztatható kézi számítógépből állnak. A mérőgerenda, mint bázissík és a mérendő felület közötti távolságot fix kapacitív elven működő szenzorok mérik.

8. Jövőbeni fejlesztési irányok

Elmondható, hogy a bemutatott sínvizsgálati módszerek és eszközök teljes mértékben megfelelnek a síndiagnosztikával szemben támasztott követelményeknek, és napjaink korszerű technikájának egy-



9. kép: Lineáris kamerákkal detektált futófelületi sínhibák

aránt. Mindezek mellett azonban, szükséges folyamatosan figyelemmel kísérni az egyes szakterületek fejlődési irányait, és az abban rejlő lehetőségeket. A számítástechnika fejlődésével már megvan annak a lehetősége, hogy az ipar más területén alkalmazott és bevált módszerek a síndiagnosztikai vizsgálatokban is alkalmazásra kerüljenek. A jövőben nagy potenciál lehet többek között a fázisvezérelt ultrahangos vizsgálati technológia vasúti környezetbe történő adaptálásában, mellyel már több cég konkrét technikával jelentkezett.

A MÁV KfV Kft.-nél a síndiagnosztikai szolgáltatók színvonalát jelenleg az ultrahangos vizsgálatot kiegészítő video kamera felvételek automatikus kiértékelésének fejlesztésével igyekszünk emelni. Sínszalanként két-két lineáris kamera alkalmazásával a sínek felületén szabad szemmel is jól látható hibák automatikus felismerése, azaz a futófelületi sínhibák kimutatására specifikált videoinspekciós rendszer kifejlesztése a kitűzött cél (9. Kép).

A roncsolásmentes vizsgálati módszerek fejlesztése mellett egyes kutatási témák kidolgozása és felkarolása is rendkívül fontos lenne néhány témakörben, mint például

- Az érintkezési feszültségek, feszültségcsúcsok vizsgálata sín-kerék kapcsoltnál,
- Dinamikus igénybevételek hatása (hullámos sínkopás, kívülgyelődött hegesztés, lapos kerék)
- Sín-kerék anyagok törésmechanikai jellemzőinek vizsgálata, összehangolása

9. Összefoglalás

A cikkben bemutatásra kerültek a vasúti sínek roncsolásmentes vizsgálatának legfontosabb módszerei és eszközei. E komplex rendszer elsődleges célja a forgalombiztonság garantálása, a síntörések megelőzése az egyes sínhibák minél korábbi fejlődési stádiumban történő kimutatásával. A síndiagnosztikai tevékenység hatékonysága a korszerű és megbízható vizsgáló eszközök alkalmazása mellett a rendszerességben rejlik. A vizsgálatok periodikussága lehetőséget biztosít az egyes sínhibák fejlődési ütemének megfigyelésére, mely információk nélkülözhetetlenek a hosszú távon gazdaságos, életciklus költségeket tekintve optimális sínkarbantartási stratégia felépítéséhez egy vasúttársaságnál.

Irodalom:

- [1] Marosi Ákos, Ultrahangos vizsgálatok alkalmazása és korlátai a vasúti sínek Head-Check hibáinak diagnosztizálásában, UT3 fővizsga dolgozat, 2018
- [2] Béli János: Sínjej-hajszálrepedések megjelenése a MÁV hálózatán 1.-4. rész, Budapest, 2010-2011
- [3] Széchenyi István Egyetem, A sínjej hajszálrepedések (HC hibák) kezelésének lehetőségei, Győr, 2014.
- [4] ÖBB, Florian Auer, Alfred Wöhhart, - Head Check – Sínjej hajszálrepedések, Bécs, 2008
- [5] Railtrack tanulmány, Gördülési érintkezési fáradás a sínekben, 2001
- [6] MÁV Zrt.: D.5. Pályafelügyeleti Utasítás, Budapest 2017
- [7] MÁV Zrt.: D.10. Utasítás – Vasúti sínek diagnosztikája, Budapest 2017
- [8] Daczi László, Felépítménydiagnosztika, MÁV, BGOK oktatási segédlet, 2018
- [9] Noel Dubé (R/D Tech), Bevezetés a fázisvezérelt ultrahangos vizsgálati technológiába, 2004
- [10] Tóth Anita: A síndiagnosztika szerepe a vasúti pálya felügyeletében, különös tekintettel a napjainkban jellemző sínhibák kezelésére, BME TDK konferencia 2017., Budapest
- [11] Dr. Tóth L., Dr. Béres L., Dr. Unyi B. Korszerű sínanyagok és minőségük, Közlekedéstudományi szemle 1979, 338-344.-old.,
- [12] UIC 70712:2018 Nemzetközi vasútegyet – Sínhibák
- [13] Ágh Csaba, Egyenértékű kúposág, PPT előadás, 2017



tripladuplav.hu

VELÜNK HÁROMSZOR JOBBAN JÁR

- ☑ Domain név regisztráció
- ☑ Tárhely szolgáltatás
- ☑ Internetes alkalmazás fejlesztés
- ☑ Honlap készítés
- ☑ On-line marketing
- ☑ IT biztonság
- ☑ Kreatív design

www.tripladuplav.hu **webstúdió**

Triplán megbízható társ a webes világban