A sínek világa – hogyan jelzi a vas élettartamának végét?

Gyerkó József infrastruktúra főmérnök, Budapesti Közlekedési Zrt.

1. A vasúti sínek fáradási jelenségei

A laikusok számára talán elképzelhetetlen, de mérnöki szemmel nézve egyáltalán nem meglepő, hogy még az egyik legtartósabb anyag, a vas is öregszik. Élettartam görbéje nyilvánvalóan hosszú ideig egyenes, majd gyors letörési szakasz következik, amely az anyagszerkezetben, és ennek következményeképp a dinamikai tulajdonságokban mutatkozik. És itt most nem a tipikusan előforduló korrózióról van szó, esetleg az ötvöző anyagok összetételének terhelés hatására történő megváltozására, hanem önmagában a vas kristályszerkezetének megváltozása következtében létrejövő anyagfáradásra.

A vasúti pályák anyaga a folyamatos statikus és dinamikus terhelés – rugalmas alakváltozás – hatására bizonyos határon túl ilyen jelenséget mutat. Az anyagfáradás különféle mélységű és megjelenési formájú repedésekben jelentkezik. Ha egy vasúti pálya öregedésének bizonyos szakaszába ér, mindenképpen fontos foglalkozni azzal, hogy a különféle repedések milyen jelenségre utalnak, és azoknak mi lehet a várható következményük. A pályák biztonsága elsőrendű szempont a vasúti közlekedésben, ezért a kérdést a vasúttal foglalkozó szakemberek kiemelten vizsgálják.

Általános esetben a vasúti pályát is élettartamra tervezik. Azonban ha nem áll rendelkezésre az előirányzott cseréhez szükséges pénz, a továbbhasználhatóság feltételeit pontosan ismerni kell:

- meddig lehet az előírt élettartamon túl üzemeltetni a pályát,
- milyen korlátozásokat kell előírni a továbbüzemeltetés feltételeként (pld. lassújelek bevezetése),
- a diagnosztizált hibák esetében milyen határértékeket lehet meghatározni?

2. Az M3 metróvonal műszaki állapota

Napjainkban folyamatos érdeklődés kíséri az M3 metróvonalon történő műszaki állapotokat. A sínek anyagának fáradásos kopásai rendszeres síntöréseket okoznak, a mérések során feltárt hibahelyek miatt egyre többször kell sebességkorlátozásokat bevezetni. Az észak-déli metróvonal Budapest legtöbb utast szállító tömegközlekedési eszköze, akár csak rövid idejű leállása is káoszt okoz a főváros életében.

A közel 20 km hosszú vonal üzembe helyezése több lépcsőben történt. 1976. december 31.-én a Deák tér – Nagyvárad tér közötti szakasz átadását 1980. március 29.-én a Nagyvárad tér – Kőbánya-Kispest, 1981. december 30.-án a Deák tér – Lehel tér, 1984. november 5.-én a Lehel tér – Árpád híd szakaszainak üzembe helyezése követte. A ma üzemelő utolsó szakasz 1990. december 14.-én indult el az Árpád híd – Újpest Központ között. Az átlagos hétköznapi utasszám napjainkban 630 ezer fő.

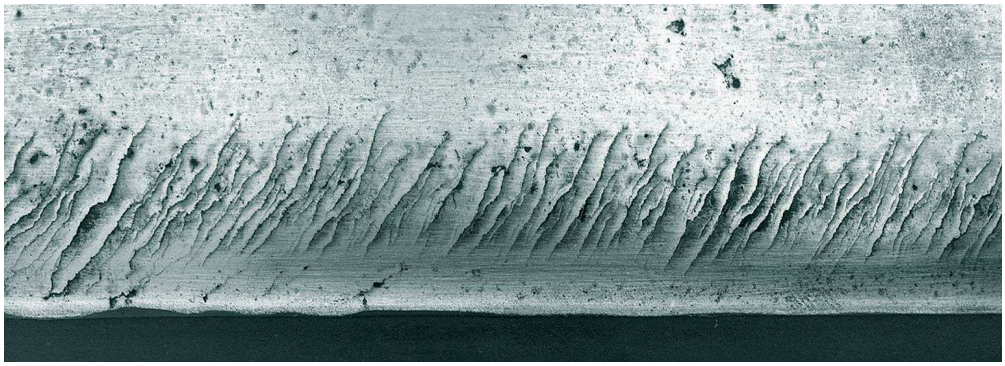
Az M3 vonal pályája az alagúti szakaszokon ágyazó betonra ragasztott magánaljas alátámasztású 54E1 (UIC 54) típusú sínszerkezet. A sínek túlnyomórészt diósgyőri gyártásúak, előfordulnak 1975-ös és 1984-89-es hengerlésű sínszálak is. Ezen kívül trineci gyártású, TZ 04 UIC54 típusú sínszálak kerültek be változó eloszlással a javítások során. A pálya megengedett névleges sebessége 80 km/h. A vonal átadása óta lokális javítások történtek: kitérő alkatrészek, íves szakaszok, szigetelt sínek cseréje, azonban átfogó felújítás, rekonstrukció nem történt.

Az első, 36 éve üzemelő szakasz pályáján közelítőleg 4.650 ezer tengely és 51.327 ezer elegytonna (2011. évi adatok) gördült át, amely vasúti viszonylatban példátlannak mondható. Ilyen mértékű terhelést kiszolgált pálya ismereteink szerint európai viszonylatban sem üzemel. Éppen ezért különösen érdekes az anyafáradás utolsó szakaszának tapasztalatait, a mérési eredmények, vizsgálatok kiértékelését összegyűjteni, elemezni. A fáradási jelenség az élettartam végén talán még sehol nem mutatkozott ilyen egzakt módon, mint az M3 metróvonalon.

3. A síntörések jellemzői

Az élettartam-görbék igazolását láthatjuk abban, hogy az első komolyabb hibajelenségekre 2010-ben figyeltünk fel. A teljes szakaszon eddig az időpontig csak szórványos javításokat végeztünk, anyagfáradásra utaló hibajelenségek sorozatosan nem fordultak elő, a hálózat fenntartása az évek során szinte azonos létszámmal és költségkerettel kezelhető volt. Ultrahangos méréssel évente ellenőriztük a pályát, amely nem mutatott jelentős állapotromlásra utaló jeleket. Az utóbbi két évben azonban már egyértelműen az élettartam-görbe letörési szakaszában járunk: az 5 mm-t meghaladó mélységű repedések száma ugrásszerűen megnőtt, gyakoriak a síntörések.

Amire először felfigyeltünk, az az úgynevezett head-check megjelenése volt. A sínfejen, szinte azonos távolságban megjelenő hajszálrepedések penetrációval egyértelműen kimutathatók voltak, majd szabad szemmel is láthatóvá váltak.



Fáradásos kopás megjelenése a sín futófelületén

A head-check hibákból bekövetkező síntörések tipikus, egyedi törési felületet képeznek. A felszíntől 15 ^{0}-ban kiinduló, majd közel vízszintesen folytatódó, végül merőlegesen letörő törésvonal egyértelműen jellemzi a fáradásos kopást. A jelenség veszélye nem önmagában a síntörés kialakulása, hanem az, hogy rövid távolságon (1-2 méteren) belül sorozatos törés keletkezik, a sínszál szinte szétrobban. Ez a hiba Európában már néhány esetben súlyos vasúti baleset okozója volt.

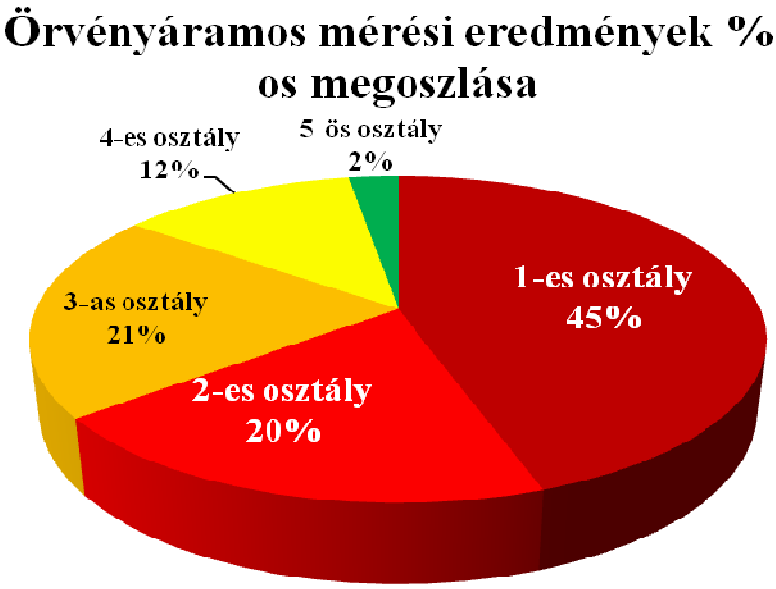


Head-check síntörés nagyvasúti pályán

Ismerve a head-check várható következményeit, az M3 metró sínhálózatának még mérhető szakaszait (a teljes vágányhálózat fele) örvényáramú vizsgálatnak vetettük alá (a kitöredezett sínfejeken, ahol a felületi repedéshossz meghaladja a 20 mm-t, örvényáramú mérés nem lehetséges). Meglepő módon a hajszálrepedések a teljes vonalon megjelentek, a legújabb szakaszon éppúgy, mint a 36 éve üzemelő hálózaton. A jelenség okainak elemzésében, és a szükséges gyors beavatkozások igényének feltérképezésében, a várható maradék élettartam meghatározásában mind a MÁV Központi Felépítmény Vizsgáló Kft, mind a BMGE és a Széchenyi István Egyetem munkatársai folyamatosan részt vesznek.

Az örvényáramos mérési eredményeket beavatkozási osztályba soroltuk:

- az 1-es osztályba sorolt hibahelyeken azonnali síncsere szükséges
- a 2-es osztályba sorolt hibahelyek síncseréjét 1-2 hónapon belül el kell végezni
- a 3-as osztályba sorolt hibahelyek sínszálai 1 éven belül cserélendők
- a 4-es osztályba sorolt hibahelyeken 2 éven belül síncserét igényelnek
- az 5-ös osztályba sorolható állapotú sínek megfelelők



*A sínállomány **65 %-a esik a kritikus 1-es és 2-es osztályba** és csak **2 %-a** tartozik **az 5-ös osztályba**.*

Az ultrahangos vizsgálatok során feltárt hibák további elemzésére a legkritikusabb sínszálakon fárasztásos vizsgálatokat, metallográfiai vizsgálatokat és töréstesztet végeztünk. Ami különösen meglepő volt, hogy a törési felületek több esetben nem a járműkerék által járt és koptatott, hajszálrepedésekkel behálózott oldalról indultak ki, hanem a kevésbé kopott oldalon. Az ultrahangos vizsgálatok során pedig a sínfej középvonalán, valamint – kitolt fejes vizsgálattal – a kopott oldalon végezzük a méréseket, a középvonaltól kifelé ezért nem detektáljuk a kezdődő hibákat.

Az M3 vonal egyik jellegzetessége a programozott vonat-vezérlés, amely valamennyi jármű számára azonos indítási, haladási és fékezési görbét ír elő. Ez természetesen a közlekedés egyéb vonatkozásaiban igen pozitív, lehetővé teszi az egyvezetős üzemmódot, pontosabb menettartást eredményez, azonban a pálya számára kedvezőtlen hatásai vannak. Minden jármű pontosan azonos szakaszon, azonos módon gyorsít és fékez, ezzel ugyanazon szelvényekben okoz azonos hatást. Ennek a monotonitásnak a negatív hatása jól nyomon követhető az M3 sínszálainak fáradási jelenségeinél.

Sem a töréstesztek, sem az időközben bekövetkezett síntörések nem a head-checkre jellemző törési felületet produkáltak. A törések a síngerincre merőlegesen, közel egyenes felületen jelentkeztek, ami – értelmezésünk szerint – azt mutatja, hogy a fáradásos jelenségek esetünkben megelőzték a head-check törést.



Síntörési felület: a törés a kopással terhelt felülettel ellentétes oldalon indult ki

4. Megoldási lehetőségek

Az ultrahangos mérések gyakoriságát az elmúlt időszakban növeltük, váltogatva a középvonalas és a kitolt fejes méréseket, havi rendszerességgel ellenőrizzük az állapotváltozást. Ma már látható, hogy sürgős beavatkozások nélkül a vonal üzemeltetése hamarosan ellehetetlenül.

A beavatkozások tervezésekor figyelembe kell venni, hogy küszöbön áll az M3 metróvonal rekonstrukciója, ami részben az üzemelő vonal felújítását, részben továbbépítését jelenti. A felújításra uniós forrásokat kívánunk igénybe venni. A rekonstrukció tervezése, a támogatások megszerzése, az uniós források biztosítása köztudottan több évet vesz igénybe, így a rekonstrukció megkezdésének legkorábbi valószínűsíthető időpontja 2016. A felújítást a forgalom fenntartása mellett valósítjuk meg, legfeljebb néhány hetes vágányzárakra lesz lehetőségünk. Ilyen ütemben a pálya teljes felújítása legalább 4-5 évig tart. A pályahálózat jelenlegi állapota nem teszi lehetővé, hogy ilyen távon tovább üzemeltessük a vonalat, még lassújelek bevezetésével sem.

Olyan beavatkozást kell tehát végrehajtanunk, ami az elkövetkező 8-10 évre biztosítja a biztonságos üzemeltetést a jelenlegi – maximum 60 km/h – sebesség fenntartása mellett, ugyanakkor minimális költségráfordítással megvalósítható. A minimális beavatkozás a síncsere lehet, méghozzá a kritikus pályaszakaszok beazonosításával. Felelősségteljes feladatot jelent ez mind a vizsgálatokat, elemzéseket végzők, mind az üzemeltetők számára.

A 2012 őszén kimunkált elemzés mintegy 49 km sínszál cseréjét irányozta elő, az azonnali, néhány hónapon, illetve 1 éven belüli csereigények elkülönítésével. Napjainkban a legsürgősebb hibahelyek kezelésére 15 km hosszúságban megkezdtük a síncseréket. A munkát a BKV Zrt. saját kapacitásban végzi, a síneket részben lengyel, részben francia gyártóktól szereztük be. A továbbiakban a MÁV Zrt által üzemeltetett, 120 km/h sebességre tervezett vonalak felújításakor elbontott sínek megvásárlásáról kezdtünk tárgyalásokat, ezeknek a síneknek a tulajdonosa a Magyar Állam, kezelője a Magyar Nemzeti Vagyonkezelő Zrt. A felmérések szerint 15600 m olyan sín állhat rendelkezésünkre, amely 80 km/h sebességű használatra alkalmas.

A vásárlás várhatóan 2013 harmadik negyedévére prognosztizálható, a metró pálya további síncseréi így még ebben az évben folytathatók. Használt sínek vásárlására piackutatásunk alapján nem lesz további lehetőségünk, így a fennmaradó mennyiséget, és az időközben még szükségessé váló cseréket már csak új sínek beszerzésével tudjuk biztosítani.

Egy pályafelújítás csak akkor hozhat a várható élettartamnak megfelelő eredményt, ha a létrejövő pályageometria is megfelel az előírt tűréseknek. Amennyiben a sínszálak megtámasztása nem egyenletes, a rugalmas alakváltozások a dinamikai hatások eredményeképpen ismét gyors anyagfáradáshoz vezetnek. Esetünkben a sínszálak cseréjével együtt szinte egyáltalán nem, vagy csak elenyésző mértékben tudjuk a magánaljak cseréjét, szabályozását elvégezni, és csak a legszükségesebb lekötés-cseréket tudjuk végrehajtani. Ezért a megkezdett síncserék mindenképpen átmenetinek tekinthetők, a vonal rekonstrukciójánál a teljes pályaszerkezet felújítását el kell végezni. A magánaljak szabályozatlansága miatt a most beépítendő sínek várható élettartama meg sem közelíti az általánosan elfogadottat, azonban tapasztalataink alapján 10 évre megfelelő megoldást nyújthat a síncsere.

A szükséges cseréken kívül másik legfontosabb feladatunk a pályaállapot folyamatos detektálása, ellenőrzése. Az ultrahangos és örvényáramú vizsgálatok mellett jelenleg kísérleti szakaszban van egy, egyéb műszaki területen már régóta használatos módszer alkalmazása. A mágneses memória elméletére kifejlesztett anyagvizsgálati módszer reményeink szerint gyorsabb mérési technológiát eredményezhet az ultrahangos vizsgálatnál, továbbá egy-egy mérési szelvény teljes keresztmetszetét vizsgálja. Jelenleg a kísérleti szakaszon végzett mérések eredményeit hasonlítjuk össze az ultrahangos mérésekkel, amennyiben közel azonos jelalakokat találunk, tervezzük a módszer kimunkálását a gyorsabb, pontosabb eljárás irányába, valamint a hiba-határértékek pontos meghatározását és szoftveres kijelzését.