

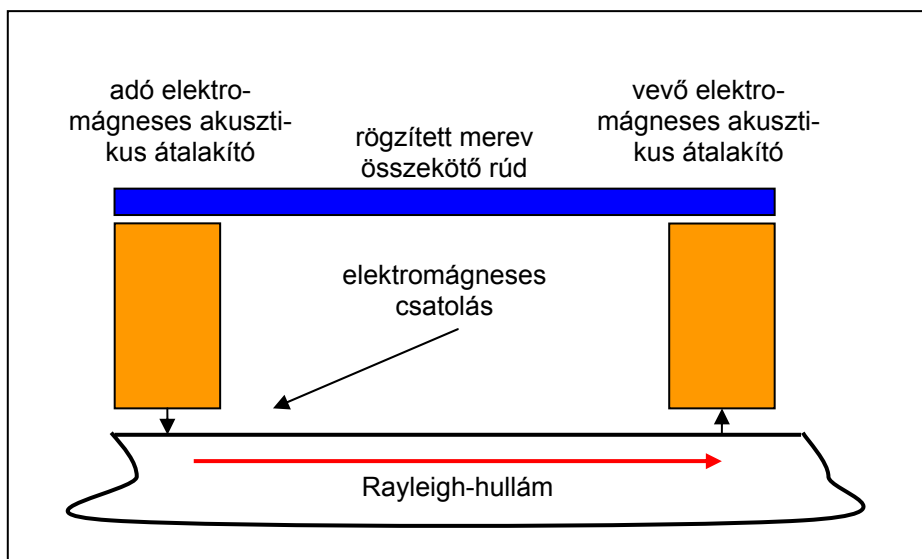
Vasúti sínek állapot-ellenőrzése elektromágneses akusztikus átalakítókkal

*Tárgyszavak: vasút; sín; állapot-ellenőrzés; repedés;
roncsolásmentes anyagvizsgálat.*

Vizsgálati módszerek

Vasúti sínek anyagának mikroszerkezet- és feszültségváltozásait, a vágányrepedéseket ultrahanggal végzett vizsgálatokkal tudták kimutatni. Újabban kísérleteket végeznek elektromágneses akusztikus átalakítókkal a sínfejek állapot-ellenőrzésére. A széles sávú, kisfrekvenciás, Rayleigh-hullámok a felület mentén terjedve mm mélységig hatolnak be az anyagba.

Két, egymással merev rúddal összekötött, elektromágneses akusztikus átalakítóval végzett (1. ábra) kísérletek szerint a 150–200 kHz domináns (közepes) frekvenciájú, elektromágneses jelek közvetlen érintkezés nélkül csatolhatók a vizsgált anyagba, és az eljárás viszonylag érzékenyen a beállítás pontatlanságára és a vizsgált felület profiljára. Az adóátalakítóval keltett jelek a vizsgált anyagban terjedve jutnak a vevőátalakítóba, a becsatolt energia legnagyobb része az aktuális hullámhosszal megegyező, és szinte a teljes energia az aktuális hullámhossz kb. kétszeresének megfelelő mélységig hatol az anyagba. Az adó- és a vevőfej közötti repedések, anyaghibák akadályozzák a jelek terjedését, és a csillapítás nagysága, frekvenciafüggése alapján következtetni lehet a hiba nagyságára és jellegére. Az anyaghiba akkor is kimutatható, ha nem az adó- és a vevőfej között van, hanem az adó- vagy a vevőfej nagyon közel van a repedéshez, mert az anyaghibáról visszavert, kisebb amplitúdójú Rayleigh-hullám is érzékelhető. Az ilyen, visszavert jel repedés észleléséhez és helyének meghatározásához használható. A közvetlen és a visszavert jel interferenciája a helyzettől függően az amplitúdó csökkenését és növekedését okozhatja. Amikor az adó vagy a vevő a repedés felett halad el, akkor a Rayleigh-hullám amplitúdója a repedés mélységétől függő mértékben jelentősen csillapodik. Ez a jellegzetes változás szintén alkalmas a repedés észleléséhez.



1. ábra Adó és vevő elektromágneses akusztikus átalakítók elrendezése

Laboratóriumi vizsgálatok

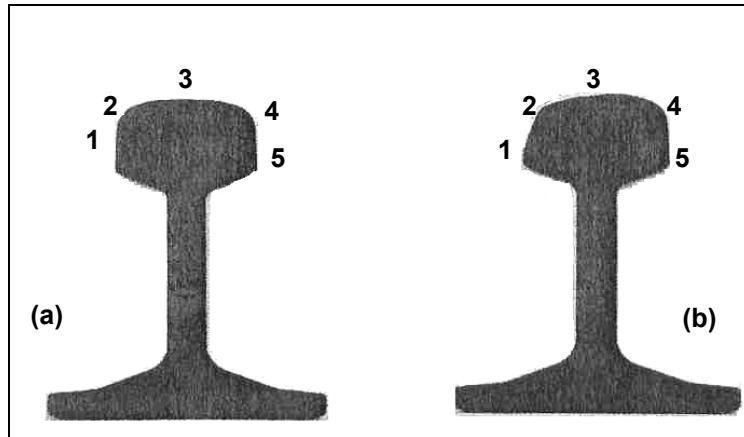
A laboratóriumi kísérletek során új, valamint egyenletesen kopott, használt, fényesre csiszolt felületű, de szemmel látható repedések nélküli, továbbá nem egyenletesen kopott, sérült, valamint használt, nem egyenletesen kopott és repedezett vasúti síneket vizsgáltak (1. táblázat).

1. táblázat

A vizsgált minták jellemzői

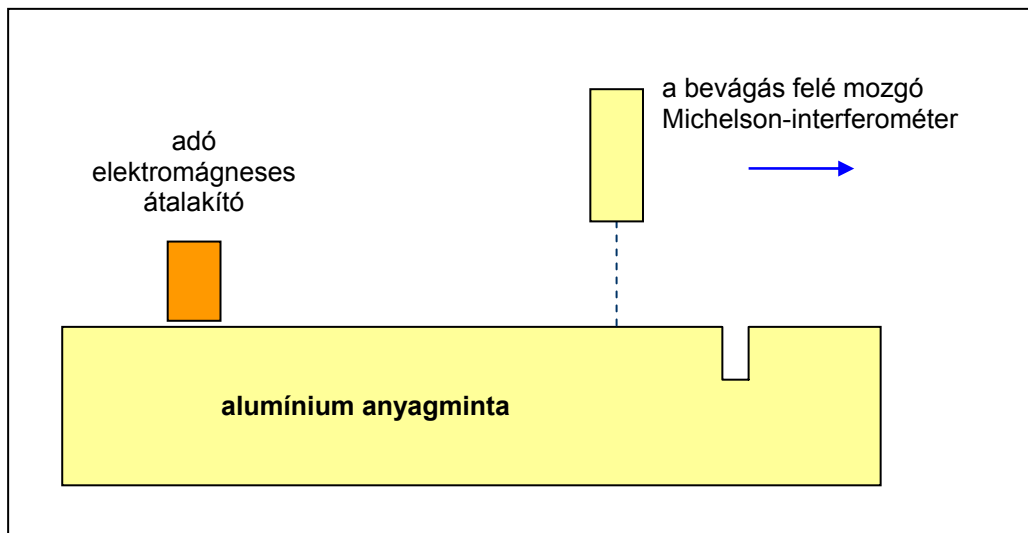
A minta jelölése	A minta rövid leírása
A	Nem használt sín, gyártás után. A fej kerekkel érintkező felülete nem kapott felkeményítő kezelést.
B	Használt, forgalomból kiemelt sín. Fényes felső felület, a fej felső és oldalsó részén nincsenek szemmel látható repedések. Egyenletesen kopott.
C	Használt, forgalomból kiemelt sín. Repedések eltávolítása érdekében köszörülve. Egyenlőtlenül kopott.
D	Használt, forgalomból kiemelt sín. Egyenlőtlenül kopott, a fej oldalán repedés.

A sínek különböző felületeit vizsgálva megállapították, hogy a használat során bekövetkezett alakítási felkeményedéstől, valamint a vizsgált felület alakjától (sík felületek a 2. ábra 1, 3 és 5 pontjaiban, görbült felületek a 2 és 4 pontokban) függ a Rayleigh-hullámok sebessége.



- 2a. ábra Az A és B jelű sínek keresztmetszeti profilja, a minták meglehetősen egyenletesen kopottak és így profiljuk szimmetrikus
- 2b. ábra A C és D jelű sínek keresztmetszeti profilja, a minták erősen kopottak és így profiljuk aszimmetrikus

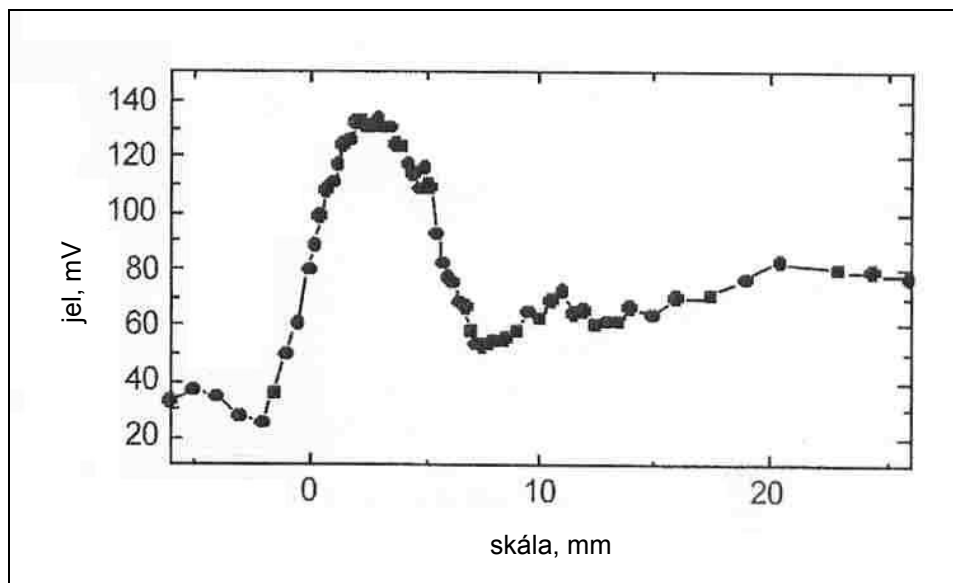
Alumíniumtömbben különböző mélységű bemarásokat kialakítva (mesterséges hibák), valamint valódi repedésen vizsgálták a Rayleigh-hullámok terjedési viszonyait. A mérések igazolták a hullámok erősödését akkor, amikor az adó vagy a vevő a repedés közelében volt. A jelenség mechanizmusának tisztázásához a vizsgált minta felületének elmozdulását módosított Michelson-interferométerrel érzékelték (3. ábra).



3. ábra Az adó elektromágneses átalakító a rúdhoz viszonyítva rögzített helyzetű. Az érzékelő lézerténypont a bevágás irányában mozdult el

Használt sínminták profilja nem szimmetrikus a sínfej körül, és a profil változása nagyobb, mint a nem használt mintákban. Az alumíniummintán mért eredmények szerint a repedést tartalmazó tartományokon áthaladt Rayleigh-hullámok amplitúdója jelentősen kisebb a hibátlan szakaszokon mértékénél. A bemarásokat tartalmazó alumíniummintában a szimulált repedésekkel mért kalibrációs eredmények alkalmasak az anyagrepedések mélységének meghatározására.

15 mm mély bevágást tartalmazó alumíniummintával mért eredményeket szemléltet a 4. ábra. Ennél a kísérletnél az adó- és a vevőegység közötti távolság állandó volt, és a vevőegységgel pásztáztak a bevágás felé. A bevágásról visszavert Rayleigh-hullám korábban éri el a vevőegységet, amikor a vevőegység közeledik a bevágás felé, és esetleg interferálhat a közvetlen Rayleigh-hullámmal. Amikor a detektor közeledik a bevágáshoz, először csökkenő, majd ezt követően növekvő interferencia jön létre. A kombinált jel csúcstól csúcsig mért amplitúdója először csökken, majd a közvetlen Rayleigh-hullám interferencia előtti csúcstól csúcsig értékének hozzávetőleg $(1,71 \pm 0,05)$ -szeresére nő.



4. ábra Az elektromágneses akusztikus rendszerrel érzékelt Rayleigh-hullám csúcstól csúcsig mért amplitúdószintje.

A diagram azt a helyzetet ábrázolja, amikor az érzékelő elektromágneses akusztikus átalakító a 64 mm vastag alumínium anyagminta 15 mm mély bevágásához közeledik.

A diagramban az x tengelyen az érzékelő és a bevágás közötti távolság látható

A Rayleigh-hullám ugyanezen az alumíniummintán, de Michelson-interferométeres detektálással meghatározott csúcstól csúcsig amplitúdója ugyancsak azt jelzi, hogy a kísérleti hibán belül ($1,67 \pm 0,1$)-szeres növekedése a Rayleigh-hullámok interferenciájának következménye. A jelamplitúdó jellegzetes csökkenése, majd növekedése egyértelműen felületi repedésre utal.

A Rayleigh-hullám csúcstól csúcsig mért amplitúdóját alumíniumtömb valóságos repedésén is mérték elektromágneses akusztikus átalakítós detektálással. A mérési eredmények szerint a csúcstól csúcsig mért amplitúdó növekedése ($1,36 \pm 0,05$)-szeres, jelentősen kisebb a 15 mm mély bevágással meghatározott értéknél, azonban egyértelműen szignifikáns növekedés. A kisebb növekedés feltehetően a repedés részlegesen zárt voltával, érdes felületével, a benne levő szennyeződésekkel és oxidokkal magyarázható. Ezek a hatások módosítják a repedésről szórt reflexiókat, és lehetséges, hogy a repedésről a Rayleigh-hullámok energiájának nagyobb részét csatolják a repedésen keresztül, mint a forgácsolással kialakított vájat esetében.

Az eredmények szerint a széles sávú, elektromágneses akusztikus átalakítós elrendezéssel a vasúti sínfejek széleinek repedései érzékelhetőek. A sínfej körüli terjedési sebesség kis változásainak mérései alkalmasak a sínfej állapotának jellemzésére. A sínfej állapotváltozásainak érzékelésével repedések kialakulási folyamata nyomon követhető. Repedést tartalmazó tartományon áthaladt Rayleigh-hullám frekvenciáinak relatív aránya alapján a repedés mélysége becsülhető. Ez azért is nagy jelentőségű, mivel kevésbé veszélyes, sekély repedések behatolhatnak a mélyebb rétegekbe, majd a felülettel párhuzamosan terjedhetnek tovább.

Összeállította: Pálincás János

Irodalom

Inspection of rail track head surfaces using electromagnetic acoustic transducers (EMATs). = Insight, 46. k. 6. sz. 2004. p. 326–330.

Small, J.; Brook, C.: Ultrasonic instrumentation and transducers for rail inspection. = Insight, 44. k. 2002. p. 373–374.

Rose, J. L.; Avioli, M. J. stb.: Guided wave inspection potential of defects in rail. = NDT&E International, 37. k. 2004. p. 153–161.