

Mágneses Barkhausen-zaj mérésen alapuló mérőrendszerek fejlesztése roncsolásmentes anyagvizsgálati célokra

Harasztosi Lajos^{1,2} Kovács László¹ Posgay György¹ Dr Molnár Péter¹ Dr Szabó István²

¹Metalelektro Méréstechnika Kft. Budapest, Borszék köz 13

² Debreceni Egyetem, Szilárdtest Fizika Tanszék, Debrecen, Bem tér 18/b

Kivonat

A mágneses gerjesztés hatására létrejövő Barkhausen-zaj analízisével az anyagok mikroszerkezetére, belső feszültségállapotára egyaránt következtethetünk. A zajcsomagok jellegzetessége ugyanakkor függ a gerjesztő tér paramétereitől és a minta mágneses állapotától is. Az általunk kifejlesztett mérőeszközök együttes használatával elvégezhetjük az elemi Barkhausen-lavinák statisztikus elemzését és megvizsgálhatjuk a technikai anyag külső mágneses térre adott válaszát egyaránt. A vasúti sínen végzett vizsgálatok alapján egy olyan mérőtechnikai megoldást fejlesztettünk ki, amely a remanens mágnesség hatását korrigálva lehetővé teszi a feszültségállapot meghatározását. A korrigált mérési módszer segítségével javítható a semleges hőmérséklet meghatározásának pontossága.

Bevezetés

A folyamatosan hegesztett vasúti sínekben (CWR) a hőmérsékletváltozás hatására felépülő feszültségek töréshez, vagy kihajláshoz vezethetnek. A biztonságos vasúti közlekedéshez szükséges annak a hőmérsékletnek, a semleges hőmérsékletnek (SFT), az ismerete, amelyen a sín feszültségmentes állapotban van. Ennek a hőmérsékletnek a roncsolásmentes meghatározása a mágneses Barkhausen-zaj (MBN) mérésével megvalósítható. Az általunk erre a célra kifejlesztett eljárást a RailScan

SFT mérőberendezésben került alkalmazásra [1].

A mágneses Barkhausen-zaj az átmágnesezési folyamat során a doménfal mozgás szakaszos jellegéből ered, amelynek hatására a mágneses momentum ugrásszerűen változik. A kialakuló lavina jellegű átrendeződések által keltett fluxusváltozás detektálása révén az anyag mikroszerkezeti és -a magnetostriktív effektus miatt- feszültségállapotát is következtethetünk [2,3]. Megfelelő kalibrálás után, két különböző irányban, a sín hossza és keresztirányában mentén elvégzett mérés révén a mikroszerkezet hatásától függetlenül jellemezhetővé válik a mechanikai feszültségállapot.

Egy további zavaró tényező a sín remanens mágneses állapota, ami szintén befolyásolja a MBN zaj jellegét és nagyságát. A sín remanens mágnessége helyről-helyre és időről-időre változhat. A remanens mágnesség kialakulását okozhatja a gyártási technológia, a mágneses emelőgép használata, a föld mágneses tere, a vasúti forgalom és a sínkopás is.

A továbbiakban megvizsgáljuk ipari laboratóriumi körülmények között a vasúti sínben kialakuló mágneses tér hatását az MBN mérésre. A kísérleti eredmények alapján bemutatunk egy olyan módszert, amivel a remanens mágnesség hatása kompenzálható [4].

Kísérleti eszközök és módszerek

A vasúti sínen végzett kísérleti vizsgálatokra a Metalelektro Kft telephelyén került sor, ahol rendelkezésre

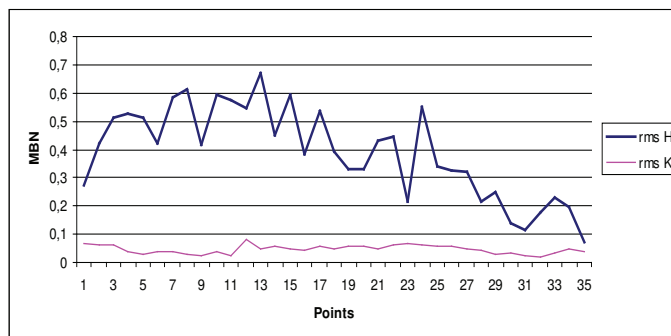


1. ábra: A vasúti sín mágnesezésére szolgáló tekercs, és a mérési pontok elhelyezkedése

állt egy a vasúti sín fel- és lemágnesezésére alkalmas tekercs (1. ábra), továbbá egy feszítőmű (7. ábra bal oldali kép) a feszültségállapot megváltoztatására. Az anyagszerkezeti hatások csökkentésére a vasúti sín hossza mentén 36 mérési pontot jelöltünk ki (1. ábra). A méréseket minden esetben ugyan azokon a pontokon végeztük. A mérőfej lehetővé teszi, hogy mind a sín hossza mentén, mind arra merőlegesen el lehessen végezni a méréseket. A vizsgálatokhoz használt RailScan berendezést átalakítottuk, hogy a teljes zajcsomagot és a gerjesztő jeleket egyidejűleg tárolni lehessen a későbbi feldolgozáshoz és elemzéshez.

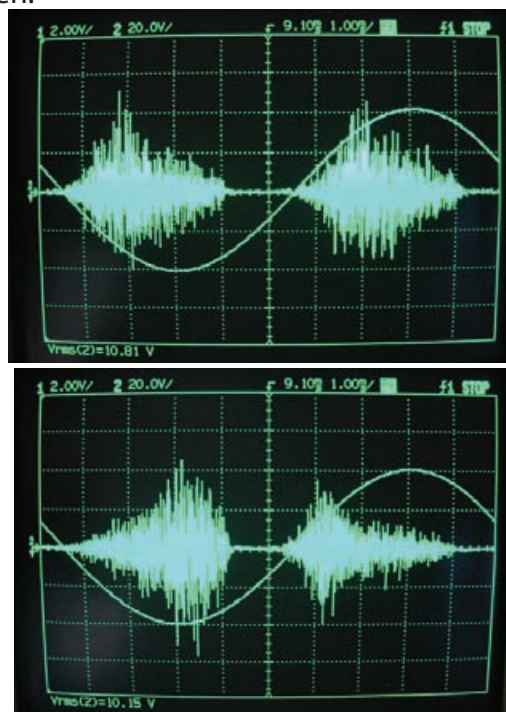
A sín lemágnesezésére a váltakozó áramú, fokozatosan csökkentett amplitúdójú gerjesztést alkalmaztunk a tekercseken. A felmágnesezés során a gerjesztőáram megszakításával idéztünk elő olyan körülményeket, amely a vasúti sín remanens felmágneseződésére vezetett. A mágnesezettség mérése során a sínből kiszóródó teret egy Hall-szondás mérőeszközzel detektáljuk. A mérést fel- és lemágnesezett állapotban is elvégeztük, így a 2. ábrán látható mágnesezettség értékeket határoztuk meg. Látható, hogy a sín első (1 - 13 mérési pontok), tekercsen kívüli része nem mágneseződött fel. A második szakaszon hosszirányban két ellentétesen felmágnesezett tartomány található (14-24, 25-35). Az ipari MBN mérés technikában a zajcsomagok effektív (RMS) értékét szokás mérni.

tematikus változást, a hosszirány mentén a minta felétől kezdődő felmágnesezett tartományban a MBN RMS értéke szisztematikusan lecsökken.

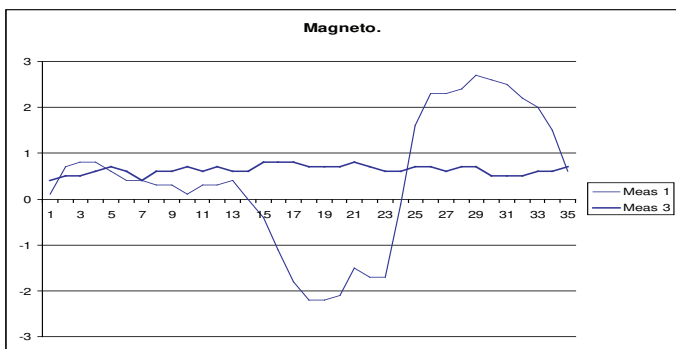


3. ábra: Az MBN érték változása hossz (rms H) és kereszt (rms K) irányokban a sín mentén

A csökkenés okát a zajcsomagok részletes vizsgálatával sikerült feltárni. A nem mágneses szakaszon a zajcsomagok nagysága független a gerjesztő tér előjelétől, a két félperiódusban ugyanakkora átlagos RMS járulékot ad (4. ábra felső kép). A mágnesezett tartományban a két csomag eltérő nagyságú, az egyik félperiódusban alacsony az MBN zaj RMS értéke (4. ábra alsó kép). Ez azt eredményezi, hogy a két peridódus értékéből származó RMS érték is csökken.

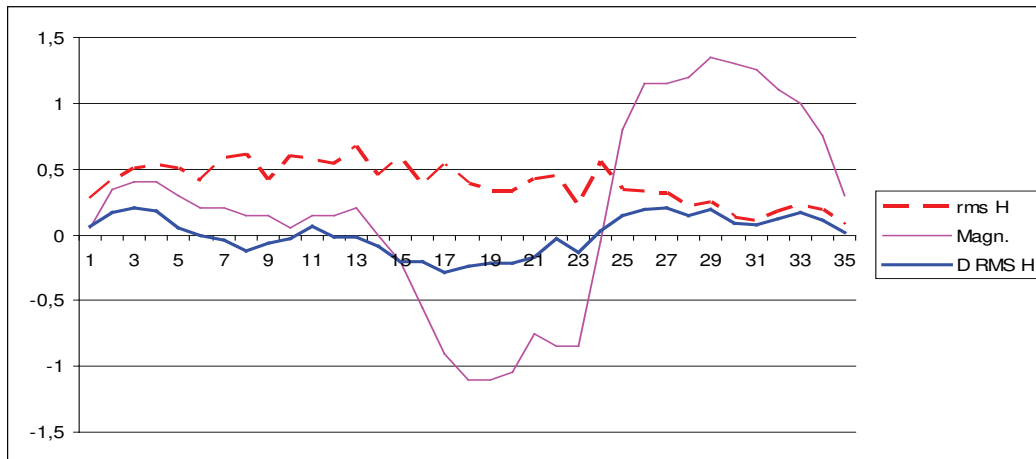


4. ábra: Oszilloszkóp képernyő felvétel a gerjesztés és az MBN jel: remanens mágnesség nélküli és felmágnesezett állapot esetén.



2. ábra: A sín mágnesezettsége remanensen mágnesezett állapotban (Meas 1) és lemágnesezett állapotban (Meas 3)

Az MBN RMS értékek alakulása a felmágnesezett sín esetén a 3. ábrán látható. Megfigyelhető az egyes pontokban mért értékek szórása, ami az eltérő szerkezeti tulajdonságok következménye. Ez a szisztematikus eltérés az ugyanazon pontban végzett mérések összehasonlításával kiküszöbölhető. Amíg a kereszt irányú értékek nem mutatnak szisz-



5. ábra: A mágnesezettség (Magn) és a hossz irányú MBN RMS érték (RMS H) valamint az első és második félperiódusból számolt BHN RMS értékek különbsége (D RMS H)

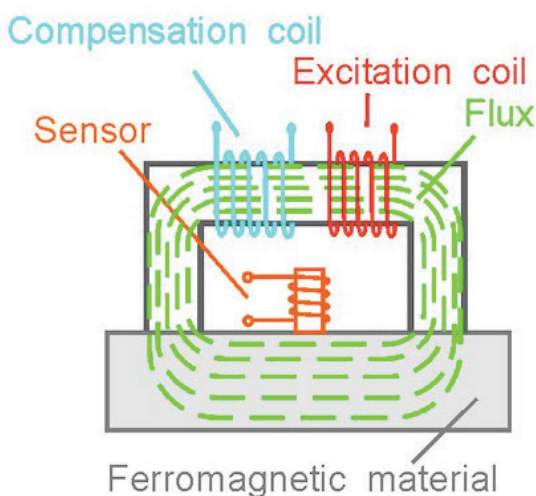
A jelcsomagok asszimetriája valóban szisztematikusan változik a sín mentén, amint ez az 5. ábrán megfigyelhető. Az ábrán a hosszirányú mennyiségeket jelenítettük meg. A mágnesezettség és az RMS érték mellett látható a két félperiódusra számolt RMS érték változása is. Látható, hogy a különbség előjele szisztematikusan követi a remanens tér változását.

A kompenzáló mágneses tér értékének meghatározása azt igényli, hogy a gerjesztés mellett egy szabályozó kört kell alkalmaznunk, amelynek hibajele a két félperiódusban mért zajcsomag közti eltérés. A remanens teret kompenzáló mérőberendezés elkészítése után a 7. ábrán látható feszítőmű segítségével ellenőrző és kalibráló méréseket végeztünk.

Sikerült meghatározni a remanens tér hatását az MBN RMS értékre, ugyanakkor a félperiódus mérésen és számoláson alapuló kompenzáció nem bizonyult elegendően pontosnak a remanens tér hatásának kiküszöbölésére.

A demagnetizációs RailScan készülék

A demagnetizációs hatások kiküszöbölése akkor lehetséges, ha a gerjesztő teret módosítjuk egy statikus járulék hozzáadásával, ahogy az a 6. ábrán látható kompenzációs mérés elvi ábráján látható.



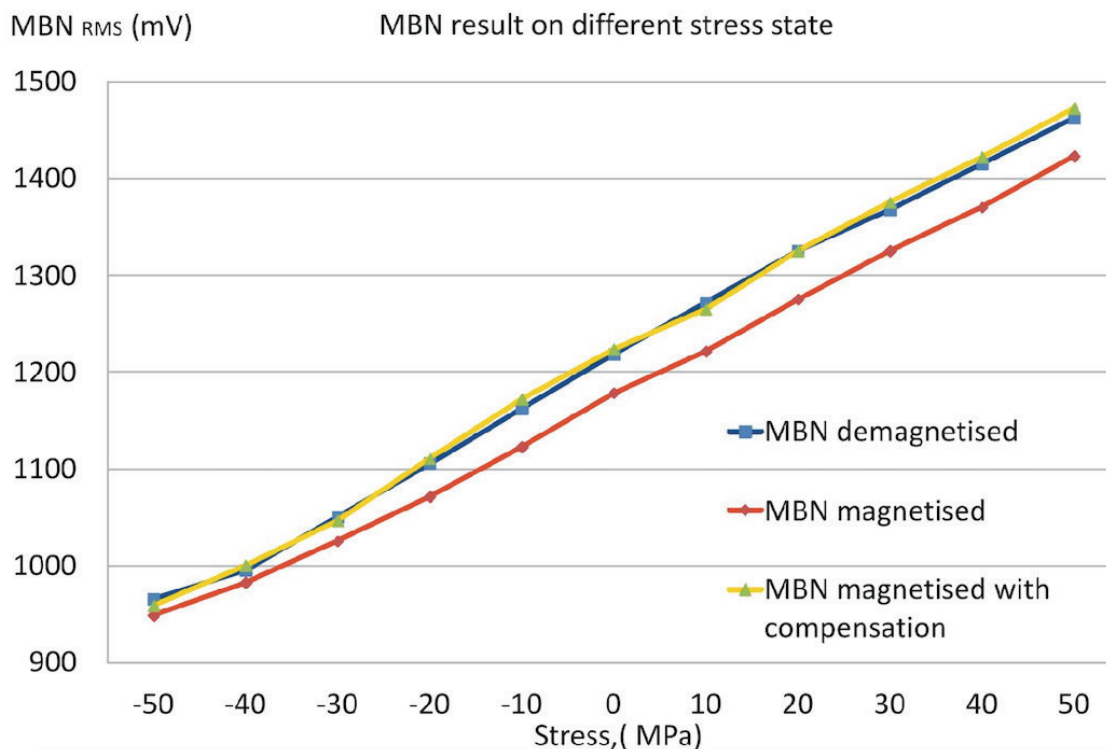
6. ábra: A kompenzáció elvi vázlat



7. ábra: A feszítőmű és a kompenzációs RailScan berendezés

A mérési eredmények alapján megfigyelhető, hogy a mágnesezett mintán végzett kompenzálatlan méréshez tartozó görbe minden feszültségértéknél kisebb MBN RMS értékeket mutatott (8. ábra). A kompenzálás segítségével ez az eltérés teljes mértékben megszüntethető volt.

A maradó mágnesség és a gerjesztés iránya nem feltétlenül esnek egybe, ezért egymásra merőleges gerjesztések használatával megkereshető az a kompenzáló mágneses tér a két gerjesztés kombinációjával, mely a maximális MBN értékeket biztosítja. A



8. ábra: Az MBN RMS értékek a külső feszültség függvényében demagnetizált sínen (MBN demagnetised) és felmágnesezett sínen mérve kompenzáció nélkül (MBN magnetised) és kompenzációval (MBN magnetised with compensation).

kompenzáció csak a mérendő térfogatban a mérés ideje alatt hat, így a felhasznált energia lényegesen kisebb, mintha a sínt teljesen lemágneseznénk.

Összefoglalás

Fejlesztésünkkel sikerült egy olyan eljárást és eszközt kifejleszteni, mely alkalmas a maradó mágnesség negatív hatásainak kompenzálására MBN mérés során ipari körülmények között kis energiaigénnyel. A szabályozás a gerjesztés DC eltolásával, egy kompenzáló mágneses tér létrehozásával történik. Az így megvalósított analóg szabályozó kör révén elérhető, hogy a fel-, ill. lemágnesezés során keletkező MBN csomagok értéke egymással megegyezzen. Az így létrehozott -szimmetrikus- jel RMS értékét tekintjük a mérés eredményének. Az eljárásról egy szabadalmi alkalmazás is született, amely előzetes védelem alatt állt 2018-ig. [5]

A mérési eredmények igazolták, hogy a kompenzációs MBN mérés a vasúti sínek esetében is alkalmazható és a kb. öt hibaszázalékkal terhelt mérési eredmények pontosságát jelentősen javítja, a hibát egy százalék alá csökkenti.

Köszönetnyilvánítás

Az RSDMAG02 fejlesztési projektet a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs hivatal támogatta a Baross Gábor program keretében 2010-ben [4].

Irodalomjegyzék:

- [1] Wegner, A.: Zerstörungsfreie RailScan-Neutratemperaturprüfung, Der EisenbahnIngenieur 2008 November
- [2] Bükki-Deme A, Szabó I A, Cserháti C, „Effect of anisotropic microstructure on magnetic Barkhausen noise in cold rolled low carbon steel”, JOURNAL OF MAGNETISM AND MAGNETIC MATERIALS 322:(13) pp. 1748-1751. (2010)
- [3] L. Harasztosi, L. Daróczi, I.A: Szabó, Z. Balogh and D.L. Beke „Temperature dependence of Barkhausen-noise parameters in carbon steels” Materials Science Forum, vols. 537-538 (2007) pp. 371-378.
- [4] Baross Gábor Program RSDMAG02 OMF0-00447/2010: 2010-2011, Demagnetizációs RailScan készülék
- [5] Kovács, L., Posgay, Gy., Molnár, P., Harasztosi, L., Szabó, I.: Measuring of Barkhausen-noise on a Ferromagnetic Material Having Remanent Magnetic Property, Hungarian Patent P0800747, 10/12/2008.