

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**Impulzus alapú Barkhausen-zaj
vizsgálat szerkezeti acélokon**

Bükki-Deme András

Témavezető: Dr. Szabó István



DEBRECENI EGYETEM

Fizika Doktori Iskola

Debrecen, 2011

Bevezetés

A ferromágneses anyagok átmágnesezési folyamata során keletkező irreguláris mágnesezési ugrásokat Barkhausen-zajnak nevezzük. A jelenség közel 100 évvel ezelőtti felfedezése óta fontos anyagvizsgálati módszerré vált. Szerepe főként –roncsolásmentes volta miatt– a szerkezeti acélok állapotfelmérésében jelentős. A különböző ipari szerkezetek (hidak, vasúti sínek, tartályok, hajók) biztonságtechnikai ellenőrzése során a fáradás jeleit, a lokális feszültség-felhalmozódást egy katasztrofális törés megjelenése előtt fontos hogy észlelni tudjuk.

A gyakorlati alkalmazások mellett napjainkban az alapfizikai kutatások szempontjából is érdekesé vált a terület, mint az úgy nevezett önszervező kritikus rendszerek egy fontos példája. A Barkhausen-zaj hasonló például a földrengésekhez, de kísérletileg hozzáférhetőbb.

Az alapkutatások során, hogy a kísérleti eredmények összevethetőek legyenek az elméleti és szimulációs Barkhausen-zaj modellekkel, a legideálisabb mérési elrendezésre kell törekedni. Ez viszont azt vonja magával, hogy a roncsolásmentesség nem teljesíthető elvárássá válik. Az alapkutatásokra szintén jellemző, hogy a tanulmányokban legtöbbször lágymágneses amorf anyagokon végzik a méréseket, lassú, kvázisztatikus gerjesztés mellett. Ezen anyagok esetén a Barkhausen-zaj elméleti és szimulációs modelljei közvetlenül összehasonlíthatóak a mérési eredményekkel. A jelenleg használt elméleti modellek hátránya, hogy az anyag valódi mikrostruktúráját nem veszik figyelembe.

Az ipari méréstechnikában magasabb gerjesztési frekvencián történik a mérés, a zaj jelek egy csak részlegesen átmágnesezett mintatérfogatból származnak. Ezért az ipari méréstechnikai eredményeinek elméleti modellezése jelentős nehézségekbe ütközik. A jelenség roncsolásmentes szerkezetvizsgálat szempontjából történő alkalmazása alapvetően empirikus alapokon nyugszik. A ferromágneses szerkezeti anyagok

különböző paramétereinek a Barkhausen-zajban tükröződő hatását nem szabványosított, alkalmazás orientált módon mérik.

A dolgozat tárgya az impulzus alapú méréstechnikai ipari anyagokon való alkalmazása. Ilyen típusú mérések még nem történtek az irodalomban. A vizsgálatok végső célja az ipari méréstechnika elméleti megalapozása.

Célkitűzések

1. Az impulzus alapú méréstechnikához szükséges mérőrendszer összeállítása, az irodalomban alkalmazott kiértékelési eljárások implementálása. A méréstechnika kiterjesztése az ipari méréstechnika felé a mérési és kiértékelési eljárások továbbfejlesztésével.
2. A mérési körülmények és a gerjesztési frekvencia függésének vizsgálata és értelmezése szerkezeti acél referencia anyagra. A

zajparaméterek eloszlás-függvényeinek összevetése a lágymágneses anyagokra kidolgozott elméleti modellek eredményeivel.

3. Impulzus alapú mérés technika alkalmazása ipari alapanyagra, anizotrop hengerelt acél hely és orientációfüggő zajparamétereinek vizsgálatára. A zajparaméterek és a mikrostruktúrát jellemző paraméterek kapcsolatának meghatározása.

Eredmények

1. Mérés metodikai fejlesztések során egy új árnyékolt Barkhausen-zaj mérőállomást építettem, amely alkalmas mechanikai feszültség hatásának vizsgálatára. Mérési adataim kötegelt feldolgozására, és az eredmények megjelenítésére webes felületen adminisztrálható rendszert fejlesztettem. A programcsomag alkalmazásával hozzájárultam a munkatársaim által Finemet-szalagokon, mágneses

alakmemória anyagokon és szerkezeti acélokon végzett mérések kiértékeléséhez [K3, C1, P2].

2. A mintageometria, továbbá a gerjesztő tér frekvenciájának a hatását vizsgáltam S235 JRG1 szerkezeti acélon. Megállapítottam, hogy a minta geometriája a lemágnesező tér hatásán keresztül hat a zajlavinák eloszlására, és így ezek integrális mennyiségeire is. A gerjesztési frekvencia hatását vizsgáltam a mHz-es tartományban. Kidolgoztam egy extrapolációs technikát, mely segítségével sikeresen megmagyaráztam a gerjesztési frekvencia hatását a különböző zajparaméterekre. Az extrapolált zajcsomagok jó egyezést mutatnak ebben az alacsony frekvencia tartományban a kísérletileg mért jelsorozatokkal [C2, P3].
3. Két detektortekercses, kompenzációs technikával tanulmányoztam a gerjesztő tér frekvenciájának a hatását a mHz-Hz tartományban, JRQ referencia reaktor acélon. A lavinaterület-eloszlás görbék

esetén, a gerjesztő frekvencia növekedésével csökkenő exponenseket és növekvő levágási értéket tapasztaltam. Az átlagos lavina alak görbék esetén a maximum hely középre tolódása és ferdesége csökkent a növekvő gerjesztési frekvenciák mellett. A kísérleti eredmények mind az RFIM mind az ABBM-modell alapján értelmezhetőek. Az integrális zajparaméterek frekvencia függése arra utal, hogy egy küszöbfrekvencia felett a mágnesezési folyamat dinamikája megváltozik [K2, P1].

4. A Barkhausen-zaj irány és mélység függését vizsgáltam ukrán hidegen hengerelt csővezeték acélon (06G2MTFBR). Roncsolásos technikával, a hengerlési irányra merőleges és azzal párhuzamos irányokból, illetve különböző mélységekből nyertem ki a mintákat. A rendszer erős anizotrópiát és helyfüggést mutat. Azt tapasztaltam, hogy a hengerléssel párhuzamos irányítottágú mintákhoz tartozó zaj energia görbe két lokális maximummal bír. A hengerlési

irányra merőlegesen a zajenergia kicsi és helyfüggetlen. Mikroszkópiás vizsgálatokkal és kvantitatív képanalízissel elemeztem a szemcséket, szénkiválásokat és azok morfológiáját. A zajenergia görbék alakját a nem mágneses szénkiválások és a kristályszemcse rendszerek struktúrájának a doménfal mozgásra gyakorolt hatásával értelmeztem [K1].

Az értekezés témakörében megjelent közlemények

[K1] **A. Bükki-Deme**, I. Szabó, C. Cserhádi, *Effect of anisotropic microstructure on magnetic Barkhausen noise in cold rolled low carbon steel*, **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, vol. 322, 2010, o. 1748-1751.

[K2] **A. Bükki-Deme**, I. Szabó, *Magnetization Rate Dependence of the Barkhausen Noise in JRQ Steels*, **Magnetics, IEEE Transactions on**, vol. 46, 2010, o. 254-257.

[K3] G. Eszenyi, **A. Bükki-Deme**, L. Harasztosi, F. Zámboorszky, J. Nyéki, Z. Erdélyi, D. Beke, és I. Szabó, *Spectral density of Barkhausen noise in FINEMET-type materials*, **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, vol. 322, 2010, o. 322-325.

Konferencia kiadványok

[C1] L. Daróczi, **A. Bükki-Deme**, Z. Balogh, L. Harasztosi, Z. Erdélyi, D.L. Beke, T.A. Lograsso, D.L. Schlagel, *Investigation of Barkhausen noise in $Ni_2Mn(Al, Ga)$* , **Proceedings of the International Conference on Shape Memory and Superelastic Technologies, SMST-2007**, o. 607-614., Tsukuba City, Japan.

[C2] **A. Bükki-Deme**, I. A. Szabó, *Effect of non-ideal conditions on the determination of the Barkhausen noise parameters*, **Journal of Electrical Engineering**, VOL 59. NO 7/s, 2008 (Magnetic Measurement 2008 Conference Budapest).

Poszterek

[P1] **A. Bükki-Deme**, I. A. Szabó, *Magnetization rate dependence of the Barkhausen noise in JRQ steels*, **19th Soft Magnetic Materials Conference**, Torino, Olaszország, 2009.

[P2] L. Harasztosi, I. A. Szabó, **A. Bükki-Deme**, Gy. Posgay, *Magnetisation amplitude and stress dependence of the Barkhausen noise in structural steel (G3-10)*, **19th Soft Magnetic Materials Conference**, Torino, Olaszország, 2009.

[P3] **A. Bükki-Deme**, I. A. Szabó, *Effect of non-ideal conditions on the determination of the Barkhausen noise parameters (M8-10)*, **Magnetic Measurements 2008 Conference**, Budapest, Magyarország, 2008.