

A mágneses tulajdonságok megváltozása rugalmas terhelés hatására

Hidasi Béla – Dudás Zoltán*

A mágneses állapot megváltoztatása (ez lehet a le-, fel- és átmágnesezés is) mindig energiát igényel, tehát veszteséges folyamat. Az energiabefektetés részben a domenfalak mozgásához és a mágneses momentumok elfordításához szükséges, hiszen ezen elemi események révén változhat meg a mágneses állapot. Emellett a mágnesezés során további veszteséges folyamatok is fellépnek. Ezen veszteséget okozó mechanizmusok egyike abban nyilvánul meg, hogy a mágnesezést mindig egy kisebb-nagyobb mértékű rugalmas alakváltozási folyamat is kíséri.

A mágneses jellemzők változásának okai

A fentiek szerint tehát egy mágnesezési folyamat során a befektetett energia egy része a mágneses állapot megváltoztatására, más része egy rugalmas alakváltozás keltésére fordítódik.

Rugalmas alakváltozásnak tartjuk azt a helyzetet, ha a mechanikai terhelés (mechanikai feszültség) és az általa keltett alakváltozás (leggyakrabban nyúlás vagy szögelfordulás) közötti kapcsolat lineáris, és természetesen egyértékű függvény. Tehát az a terheléstartomány, ahol a Hooke-törvény érvényességét feltételezzük. Megjegyezzük, hogy a nagyobb terhelések esetén fellépő képlékeny alakváltozást más jellegű mikroszerkezet-változás és ennek megfelelően további mágneses tulajdonságváltozások is kísérik.

E témakörben mindig két hatásról/effektusról, a magnetostrikcióról és a magnetoelaszticitásról van szó.

Magnetostrikció: Mágneses térben – a mágneses térerősségtől függő mértékben – a mágnesezett anyag térfogata rugalmasan megváltozik (úgy tárol energiát, mint egy közönséges rugó, emiatt zúgnak pl. a transzformátorok, de ennek alapján működnek a mágneses mechanikai rezgéseltők, ultrahangos tisztítók, keverők stb.).

Mivel a térfogatváltozás mérése nehézkes, emiatt az esetek döntő többségében az alakváltozást egy kitüntetett irányban (ez többnyire a mágnesezési irány) vizsgálják, és rugalmas nyúlásként kezelik. Ebben az értelemben a leggyakrabban ún. lineáris magnetostrikcióról van szó. A mágneses tér hatására előfordulhat nyúlás vagy méretcsökkenés (sőt néha az alakváltozás iránya előjelet válthat) is. Ennek alapján megkülönböztetünk pozitív és negatív magnetostrikciójú anyagokat.

Magnetoelaszticitás: Rugalmas terhelés hatására (a koercitív erőhöz viszonyítva csak az igen nagy terekben mérhető telítési indukción kívül) a minta minden mágneses tulajdonsága, így természetesen a hiszterézisgörbéje is megváltozik (sokféle mágneses szenzor, pl. az erőmérők egy része is ennek alapján működik).

Mindekét effektus kristálytani irányfüggő is, ami egykristályoknál és irányított szerkezetű anyagoknál válik érdekessé. Normális sok-(poli)kristályos anyagokban ez az irányfüggés nem észlelhető, kiátlagolódik.

Következményeik szerteágazóak, sokrétűek. Alapvetően a lágymágneses anyagok fejlesztésénél az egyik legfontosabb cél a magnetostrikció minimalizálása, így ezen keresztül a makroszkópikus mágneses paraméterek közül a veszteségek csökkentése és a permeabilitás növelése.

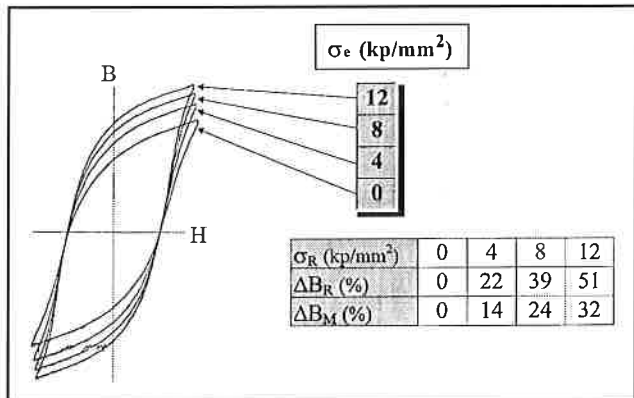
Jelen munkánkban e jelenségkörnek csak egy kisebb részterületével, a felhasznált mágneses anyagok idevágó konkrét tulajdonságainak és ezek mértékének meghatározásával foglalkozunk.

Analógiaként megjegyezzük, hogy a leírtak teljes formai egyezést mutatnak a dielektrikumok egy csoportjánál tapasztalható, a villamos térerősség és a mechanikai tulajdonságok kapcsolatát jellemző elektroelasztikus és elektrostrikciós jelenségekkel. Ez utóbbi effektus újszerű kihasználására példaként talán a mikro-piezomotorok fejlesztése és a legnagyobb felbontóképességű AFM (ún. atomerő) mikroszkópok szenzorai említhetők.

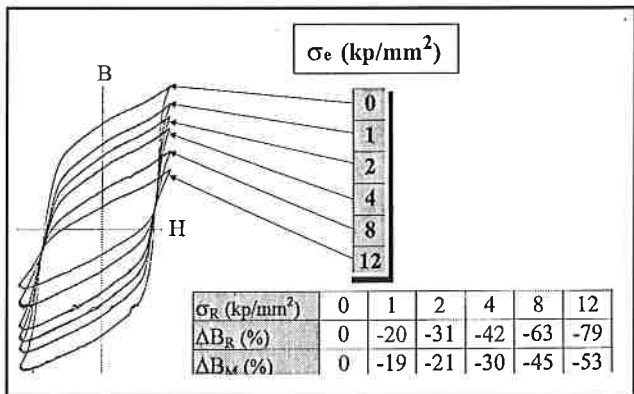
A szerkezeti anyagként is funkcionáló, mechanikai igénybevételnek kitett lágymágneses elemek anyagtulajdonságai durván megváltozhatnak, így a szerelt és elkészült eszközök jellemzői is eltérnek a tervezettől. Ezt, a néha nehezen felismerhető és gyakran figyelmen kívül hagyott igénybevételt, igen gyakran már egy műanyag-kiöntési, vagy tokozási technológia is kiválthatja.

Eredmények

A leggyakrabban alkalmazott, készre hőkezelt, polikristályos lágymágneses anyagokra vonatkozóan (Fe, Ni, P2300–50Fe–50Ni–permalloy) változó egytengelyű húzófeszültség esetén mértük a komplett hiszterézisgörbét és meghatároztuk a mértékadó mágneses indukcióértékek terhelésfüggését. Az 1., 2. és 3. ábrákon az egyes anyagti-

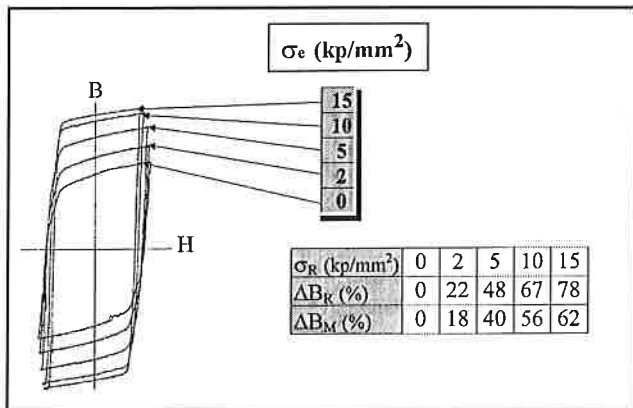


1. ábra. A tiszta Fe minta hiszterézisgörbéinek változása rugalmas mechanikai terhelés hatására



2. ábra. A tiszta Ni minta hiszterézisgörbéinek változása rugalmas mechanikai terhelés hatására

* BME Mechanikai Technológia és Anyagszerkezettani Tanszék



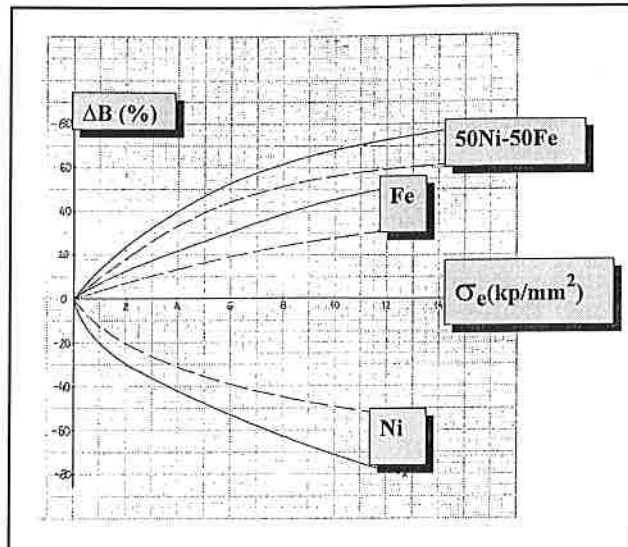
3. ábra. Az 50Ni-50Fe minta hiszterézisgörbéinek változása rugalmas mechanikai terhelés hatására

pusok hiszterézisgörbéinek változása látható. A 4. ábra pedig ugyan ezen anyagokra vonatkozóan összefoglalja a remanens- és a (technikai) telítési indukciók mechanikai feszültségfüggését.

Más igénybevételi mód esetén nyilvánvalóan más számszerű eredmények várhatók, de publikált konkrét mérések hiányában a közölt eredményeink legalább a változások előjelének valamint nagyságának becslésére adnak lehetőséget.

Irodalom

[1] R.A. McCurrie: Ferromagnetic materials and properties, Academic Press 1994. London



4. ábra. A mechanikai feszültség hatása a mágneses jellemzőkre ΔB_R a remanens indukció (folytonos görbék), ΔB_M a (technikai-) telítés relatív változása (szaggatott görbék)

[2] A. Huber, R. Schäfer: Magnetic domains, Springer 1998. Berlin
 [3] Ginszler J., Hidas B., Dévényi L.: Alkalmazott anyagtudomány, Műegyetemi Kiadó 2000. Budapest

Szilikon-elasztomer anyagok tulajdonságai és konstrukciós célú alkalmazásai a finomechanikában és a gyógyászatban

Dr. Huba Antal – Molnár László – Valenta László*

Néhány évvel ezelőtt, különböző projektek keretében, intenzív kutatómunka kezdődött a BME Finomechanikai, Optikai Tanszéke, a Szervetlen Kémia Tanszéke, valamint az Ilmenai Műszaki Egyetem Mikroszisztématechnikai és Mechatronikai Tanszéke együttműködésével, a szilikon-elasztomerek alkalmazási lehetőségeinek szélesebb körű felkutatására. Eredetileg a mikrotechnikai alkatrészek nagy alakváltozásnak kitett részelei szilikongumival történő helyettesítése állott az érdeklődés homlokterében. A munka során világossá vált azonban, hogy a szilikon-elasztomerek alkalmazási lehetőségei sokkal szélesebb körűek, és a mikrotechnikán kívül például az orvostechikában mással nem helyettesíthető szerkezeti megoldásokat biztosíthatnak.

A szilikon-elasztomerek mint újszerű konstrukciós anyagok

A szilikonok alkalmazása a finomechanikában és a műszertechnikában nem új és nem ismeretlen. Az anyag szerepe eddig azonban alárendelt jellegű volt, úgymint festék-alapanyag, ragasztó-, villamos- és egyéb szigetelő-, esetleg kenőanyag.

A dolgozat a fentiekben túllépve új alkalmazási lehetőségekre hívja fel a figyelmet.

Az eddig ismert nagymolekulájú anyagok polimerkémiai szempontból három nagy csoportba sorolhatóak:

- Kondenzált, anorganikus halmazok: gyémánt, grafit, kvarc, üveg, cement.
- Organikus polimerek: természetes polimerek (cellulóz, nukleinsavak, fehérjék), szintetikus polimerek (PVC, PE, PMMA, ...).
- Anorganikus (szervetlen) polimerek: polifoszfátok, polifoszfazének, dimetil-polisziloxánok.

A szervetlen polimerek alapstruktúrája szervetlen építőelemekből áll, ezekhez anorganikus (-F), vagy organikus (-CH₃, C₆H₅ stb.) csoportok csatlakozhatnak. Alapvetően a szerves polimerekhez hasonló tulajdonságokat mutatnak, de a hőállóságuk nagyságrenddel jobb. Kutatásaink középpontjában a polisziloxán mint láncképző építőelem áll.

A szilikonok legfontosabb tulajdonságait struktúrájuk, a szerves csoportok minősége, a polimerizáció foka, az idegen anyagok minősége és mennyisége határozzák meg.

A szilikonokban a szervetlen részhányad nagyobb, mint a szervesé, a szilikongumiban például a szervetlen rész kb. 60%.

A szilikonok felépítése

A szilikonok szerkezetét a monomer egységek határozzák meg, l.: 1. ábra.

A monofunkciós egység lánczáró, a difunkciós egység a láncképzés eleme, a trifunkciós egység a térbeli struktúrát képzésében fontos. A tetrafunkciós egység ugyancsak a láncálósításban vesz részt, de az előbbinél sokkal merevebb és keményebb polimerszerkezetet eredményez [4].

* Finomechanikai, Optikai Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem