

Fémüvegekből készült induktív elemek szerepe az elektrotechnikai alkatrészgyártásban

SZÖLLÖSY JÁNOS—LOVAS ANTAL—BASA KÁROLY
MTA KFKI

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen cikk szűk keretei között ismertetjük a gyorsított amorfi szerkezetű ötvözeteket, rámutatunk felhasználhatóságukra az elektrotechnikai alkatrészgyártásban. Figyelemre méltó, hogy a fémüvegek — összetételüktől függően — tág határok között változtathatják mágneses tulajdonságaikat, és ezek az utóbbi egy-két évtizedben megismert anyagok számos szempontból felülmúlják a hagyományos lágymágneses anyagokat.

Bevezetés

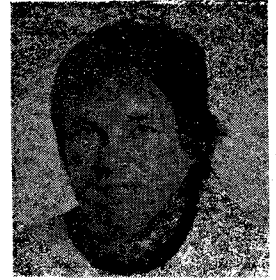
Az amorfi ötvözetek kutatása a hatvanas évek elején kezdődött azt követően, hogy Pol Duwez professzornak és munkatársainak sikerült fémolvadék rendkívül gyors hűtésével olyan Au-Si ötvözetet készíteniük, melyben nincs hosszútávú kristálytani rend, hanem túlhűtött olvadéknak tekinthető. Az amorfi ötvözetek, melyeknek szerkezete és számos tulajdonsága lényegesen különbözik a szokásos polikristályos vagy egykristályos fémekétől, hosszú ideig csak a fémfizikusok számára jelentettek érdekességet. A hetvenes években sikerült olyan eljárásokat kidolgozni, melyekkel nagyobb mennyiségű olvadék gyorsítottával amorfi ötvözetek vékony szalagok vagy huzalok alakjában készíthetők. Időközben egyre több ötvözetrendszer-ről derült ki, hogy olvadéka a ma technikailag megvalósítható hűtési körülmények között amorfi állapotban szilárdul meg. A hetvenes évek közepétől számos laboratórium kapcsolódott be az amorfi ötvözetek kutatásába, mivel ezek az anyagok olyan speciális tulajdonságkombinációkkal rendelkeznek, melyek számos alkalmazást tesznek lehetővé. [1]

Ismertetésünkben nem térhetünk ki a fémüvegekkel kapcsolatos összes felhasználási lehetőségre (ezekre a nagyszámú irodalmi összefoglalóban, monográfiában és konferenciakiadványokban talál adatokat az érdeklődő). [2] Most csak a lágymágneses alkalmazások szempontjából szóba jövő tulajdonságokat ismertetjük, különös tekintettel a hazai alkalmazási lehetőségekre, rövid áttekintését adva a hazai kutató-fejlesztő tevékenységeknek.

Mágneses tulajdonságok

A kedvező lágymágneses tulajdonságú fémüvegek az összetétel szempontjából két nagy csoportba oszthatók. Korábban főleg az ún. átmenetifém-metalloid típusú fémüvegek mágneses tulajdonságait vizsgálták és ezek alkalmazása kezdődött meg. Az ide sorolható fémüvegek 70—85 at% átmeneti fémet (vasat, nikkelt, kobaltot) és 15—30 at% metalloid elemet (főleg bórt, foszfort, szilíciumot vagy szenet) tartalmaznak. Össze-

Beérkezett: 1985. XII. 4. (†)



SZÖLLÖSY JÁNOS

1964-ben végzett a Landler Jenő Híradásipari Technikumban. 1969 óta a KFKI-ban dolgozik. Kezdetben mágneses alap kutatások méréséit végezte, majd 1984-ig a mág-

neses buborék memóriakutatások célprogramjában dolgozott. Jelenleg a KFKI Mikroelektronikai Intézetben berendezésorientált áramkörök különlegesen mostoha körülmények közötti alkalmazhatóságát vizsgálja.

LOVAS ANTAL

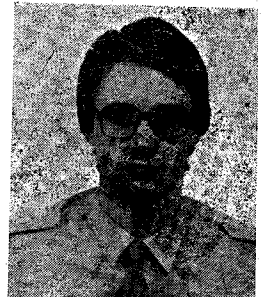
Egyetemi tanulmányait az Eötvös Loránd Tudományegyetem természettudományi karának vegyész szakán fejezte be 1967-ben. 1967-től az MTA Központi Fizikai Kutató Intézetében dolgozik mint fémtechnológus. Kezdetben fém-egy kristályok növesztésével, majd hígötvözetek készítésével foglalkozott. 1972 és 1976 között az ötvözetekben lezajló szilárdfázisú kémiai reakciók kutatásaiban, 1977-től kezdődően az olvadékok gyorsításának technológiai megvalósításában vett részt. Jelenleg a fémüvegek ipari



alkalmazásának előkészítésével, a fémüvegekből készíthető lágymágneses eszközök fejlesztésével foglalkozik.

BASA KÁROLY

1985-ben végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karának elektronikai technológia szakán. A KFKI doktori ösztöndíját nyerte el amorfi ötvözetek nagytömegű előállításának laboratóriumi technológiájának kidolgozására. Jelenleg elsősorban a fémüvegek elektronikai berendezésekben való felhasználásával, minősítésük kérdéseivel foglalkozik.



foglalónkban csak ezzel az anyagcsaláddal foglalkozunk. A fémüvegek másik nagy csoportja nem tartalmaz metalloid elemet, hanem csak átmeneti fémet, pl. Fe-Zr, Co-Zr.

A gyakorlati alkalmazások céljaira főleg az alábbi három lágymágneses fémüveg ötvözettypust dolgozták ki:

- vas-alapú ötvözetek, melyeknek nagy a telítési mágnesezettsége, és megfelelő lágymágneses tulajdonságokkal rendelkeznek;
- vas-nikkel (permalloy típusú) ötvözetek, melyeknek közepes a telítési mágnesezettsége és jó lágymágneses anyagok;

— kobalt-alapú ötvözetek, közel zéró magnetos-
trikciós állandóval (ezért lágymágneses para-
métereik nagyon jók és érzéketlenek a mecha-
nikai feszültségre).

A hazai kutatás-fejlesztés helyzete

Hazánkban két helyen folyik fejlesztési tevékenység: a KFKI fémfizikai osztályán (itt kezdődtek el 1967-ben a hazai kutatások), illetve a Csepeli Fémműben, ahol KFKI tapasztalatok felhasználásával folyamatban van a kísérleti gyártás megvalósítása. Az alap-
kutatáson kívül háromféle tevékenység folyik intéz-
tünkben:

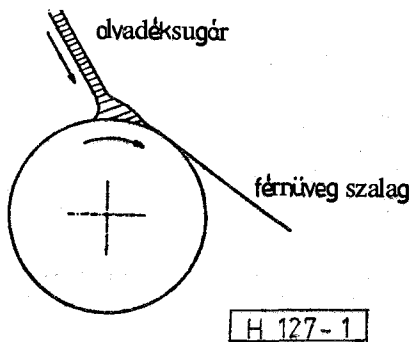
1. Fémüvegek előállítás olvadékok gyorsításával, illetve ennek a technológiának a fejlesztése.
2. Fémüvegekből készült eszközök fejlesztése.
3. Speciális mágneses jellemzők mérés technikájának kidolgozása.

A fémüvegszalag előállítása

Az igen nagy, 10^8 K/s nagyságrendű hűlési sebesség speciális gyártástechnikát igényel. (1. ábra) A fém olvadékot egy kapillárisból argon-túlnyomás segítségével egy nagy sebességgel forgó korongra fecskendezik. A gyorsítás befagyasztja a diffúziós mozgásokat, így azok nem hozhatják létre az alacsony hőmérsékleten stabil kristályos fázisokat. A keletkezett termék ennek megfelelően egy metastabil, végtelenül nagy viszkozitású olvadék, amely örökli az olvadékok izotrópiáját; jellemzője, hogy nincs benne hosszútávú kristályos rend, ennyiben az üvegekre hasonlít. Ugyanakkor számos tulajdonságában a fémekre emlékeztet (jó elektromos- és hővezető-képesség). A termék geometriáját az alkalmazott fúvóka méretei határozzák meg. A szalag vastagsága — a kritikus hűlési sebességnek megfelelően — maximálisan 30–50 μ m lehet. A fémüvegszalagok tulajdonságait az átkristályosodás hőmérsékletéig őrzik meg, ami ötvözetrendszerként különböző, általában 400...500 °C.

A fémüvegszalagokból — összetételük megfelelő megválasztásával — többféle felhasználásra alkalmas toroid készíthető. Az alábbiakban két ötvözetcsaládot ismertettünk:

— Az F—11 (jelű kobalt alapú) fémüvegszalag nagy kezdőpermeabilitású lágymágneses ötvözet, amely kisszintű hangfrekvenciás jelek átvitelére szolgáló, híradástechnikai és műszeripari transzformátorok vasmagjának anyaga.



1. ábra. A gyorsítás elvi vázlata

— Az F—10 típusú fémüvegszalag vasalapú amorfi ötvözet, főleg zavarászűrők fojtótekerceinek vasmagjaiként használható.

Az 1. és 2. táblázatban a két ötvözetcsalád, a felhasználó szempontjából legfontosabbnak tartott tulajdonságai találhatók. [3]

Anyagjellemzők

Az ötvözet alkotói:	Fe ₉₀ (Si B C) ₂₀
Szalag szélesség:	1—25 mm
Szalag vastagság:	25—35 μ m
Szakítószilárdság:	3000 MPa
Keménység:	600 HV _{0,1}
Elektromos ellenállás:	130 $\mu\Omega$ cm
Ellenállás hőfoktényező:	150 ppm/K
Sűrűség:	7,2 g/cm ³
Kristályosodási hőmérséklet:	530 °C
Curie hőmérséklet:	470 °C
Max. üzemi hőmérséklet:	150 °C

Mágneses jellemzők

Telítési indukció	B_s	1,58 T
	$B_s^{10}(H_{max}=10A/cm)$	0,95 T
Koercitív erő:	$H_c^{10}(H_{max}=10A/cm)$	0,115 A/cm
Permeabilitás:	$\mu_0(H \leq 0,02 A/cm)$	473
	$\mu_{0,01 T}(H=0,037 A/cm)$	2150
	μ_{max}	23 800
Remanens indukció:	$\left[\frac{B_r^{10}}{B_s} \right]$	0,59

Veszteség:

$$P(f=60 \text{ Hz}, B=0,5 \text{ T}) = 1,1 \cdot 10^{-1} \text{ W/kg}$$

1. Táblázat

Anyagjellemzők:

Az F—10 típusú fémüvegszalag jellemzői

Az ötvözet alkotói: Fe_{7,6} Co_{54,6} Ni_{17,1}
Cr_{4,2} Si_{3,4} B_{18,2}

Szalag szélesség:	1—25 mm
Szalag vastagság:	30—55 μ m
Elektromos ellenállás:	120 $\mu\Omega$ cm
Sűrűség:	7,86 g/cm ³
Kristályosodási hőmérséklet:	470 °C
Curie hőmérséklet:	276 °C

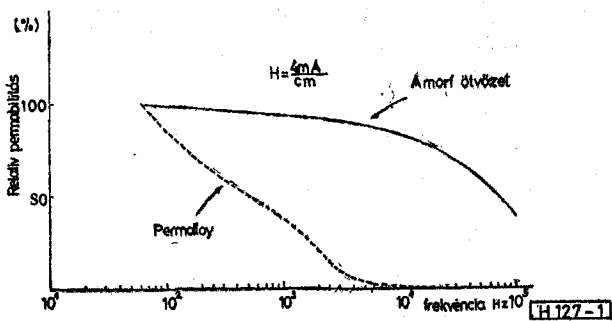
Mágneses jellemzők (hőkezeletlen anyagra)

Telítési indukció:	$B_s=0,61 \text{ T}$
Koercitív erő:	$H_c[H_{max}=100 \text{ A/m}]=11 \text{ A/m}$
Permeabilitás:	$\mu_0[H=0,4 \text{ A/m}]=8000$
Veszteség:	$P[f=10 \text{ kHz}; B=0,3 \text{ T}]=$ $=28 \text{ W/kg}$
Max. üzemi hőmérséklet:	80 °C

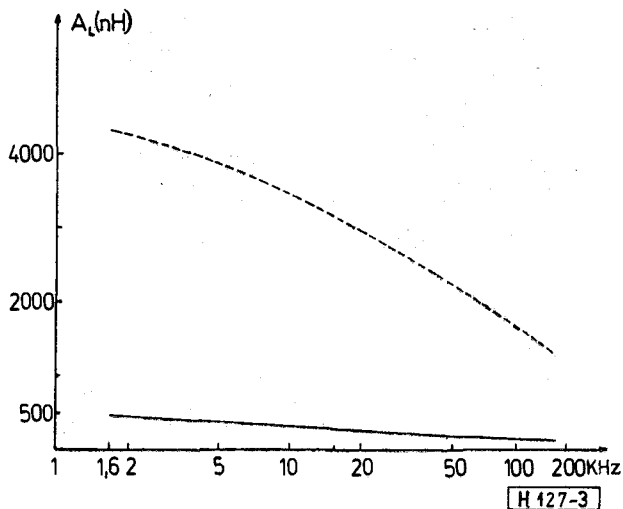
2. Táblázat

Az F—11 típusú fémüvegszalag jellemzői

Különösen nagy jelentőségű lehet a lágymágneses felhasználás számára a fémszalagok permeabilitásának viszonylagos frekvenciafüggetlensége (2. ábra). A permalloy minden tekintetben gyengébb eredményt mutat,



2. ábra. A permalloy és az amorf szalag permeabilitásának összehasonlítása a frekvencia függvényében



3. ábra. Az A_L szám frekvenciafüggése, F10 jelű minta hőkezeléssel és anélkül

$4\mu = 50\%$ -hoz több mint két nagyságrenddel nagyobb határfrekvencia tartozik! A kedvező frekvenciakarakterisztika lehetővé teszi azt is, hogy a fémüveget akár 50 kHz-en működő, nagyteljesítményű (> 10 kVA) kapcsoló üzemi tápegység építésére használják. A teljesítmény-térfogat arány 10 kHz és 50 kHz között lényegesen nagyobb, mint a MnZn típusú ferriteké; az üvegfém jó mechanikai stabilitása nagyobb tekercsmag elkészítését teszi lehetővé.

Eszközfejlesztés

Eszközfejlesztési tevékenységünk azon a felismerésen alapul, hogy a fémüvegszalagok — mint kohászati termékek — csak potenciális alapanyagok. Így alkalmazhatóságukat főleg a belőlük készített termékek minőségi mutatóival lehet demonstrálni. Felhasználásuk főbb területein a kész vasmagok A_L száma, annak frekvencia-, valamint gerjesztés-függése jelent fontos információt a konstruktőr számára. (3—6. ábrák, folytonos vonal.) Az A_L szám csökkenése a frekvencia növekedésével a permeabilitás frekvenciafüggésével magyarázható.

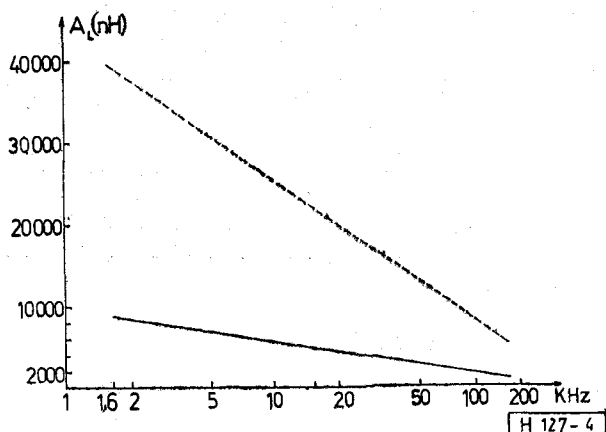
Hőkezeléssel a vasmagok mágneses tulajdonságai lényegesen javíthatók. (3—6. ábrák, szaggatott vonal) Az eljárás igen egyszerű, rövid hőkezelési idővel és néhány száz °C nagyságrendű hőmérsékleten történik. Így a kezdő permeabilitás, valamint annak frekvenciafüggése jelentősen javítható. A terhelés növekedésére is kevésbé reagál az A_L szám, itt a hőkeze-

lés okozta veszteségcsökkenés játszik elsődleges szerepet.

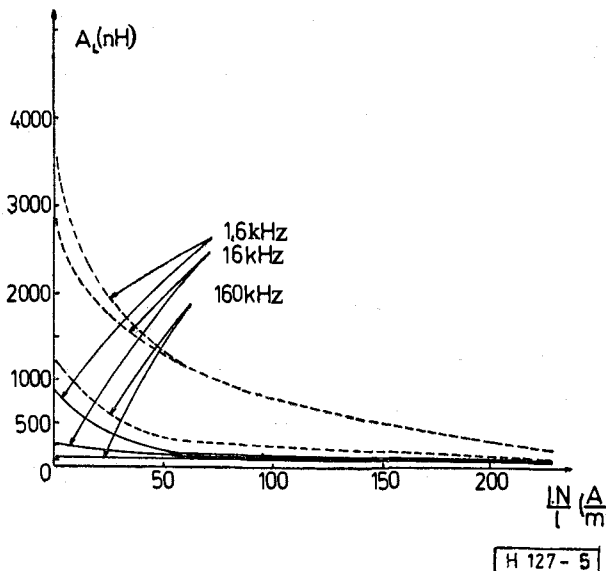
Megvalósított alkalmazások

1. Hangfrekvenciás, kisjelű transzformátorok

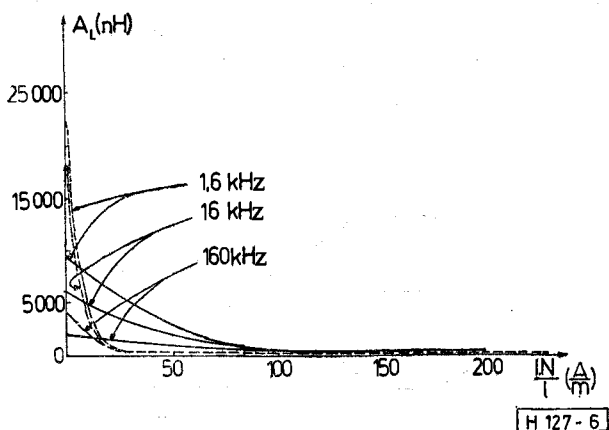
Már kiskereskedelmi forgalomban is kapható a MC (moving coil, mozgó tekercses) lemezjátszó-hangszedő



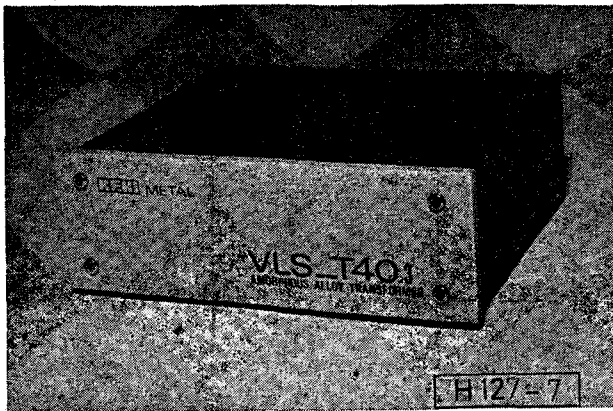
4. ábra. Az A_L szám frekvenciafüggése, F11 jelű minta, hőkezeléssel és anélkül



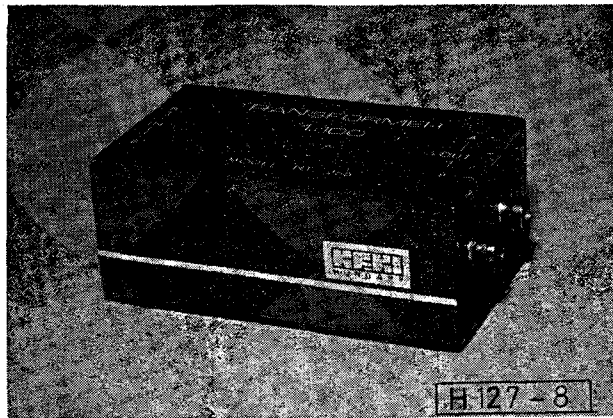
5. ábra. Az A_L szám gerjesztésfüggése, F10 típusú minta



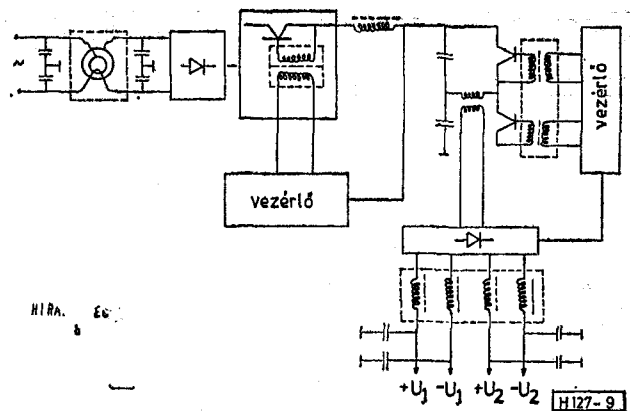
6. ábra. Az A_L szám gerjesztésfüggése, F11 típusú minta



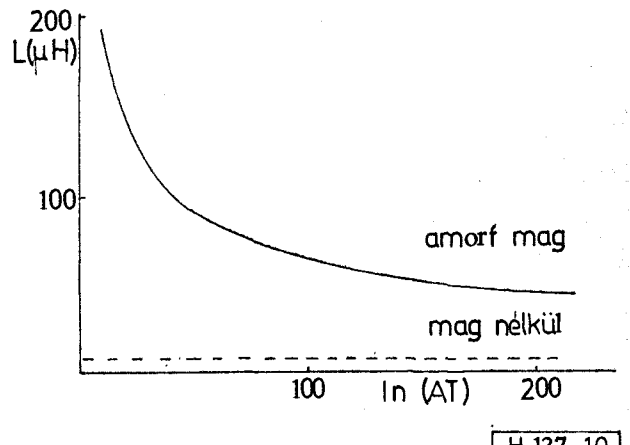
7. ábra. Mozgótekerceses hangszedő transzformátor képe



8. ábra. Kistorzítású műszertranszformátor képe



9. ábra. Kapcsoló üzemi tápegység sematikus rajza



10. ábra. A zavarszűrésre használt induktivitás gerjesztésfüggése

transzformátorunk. (7. ábra) Műszaki jellemzői közül kiemelnénk extrém széles $\Delta A = 3$ dB esetén 8 Hz... 200 kHz-ig terjedő frekvenciaátviteli karakterisztikáját, igen csekély fázistolását ($< 5^\circ$) és nagyon jó felfutási idejét.

A nagyszerű adatok mögött főleg a permeabilitás relatív frekvenciafüggetlensége rejtőzik. Ezek a műszaki paraméterek, valamint az auditív próbák eredményei a több száz dolláros dán és amerikai pick-up transzformátorok méltó társaivá avatják.

Hasonló konstrukciós elvet követnek azok a kisjelű transzformátoraink, amelyek nem hifi felhasználásra, hanem mérési célokra készülnek. A 266 típusjelű transzformátorcsalád egy igen kis torzítású tagja látható a 8. ábrán.

2. Fojtó- és zavarszűrő tekercsek

A 9. ábrán szaggatott vonallal bekereteztük azokat a helyeket, ahol a ferrit-magokat amorfi ötvözetből készülttel váltottuk ki. Az intézetünkben gyártott ICA 80 és Eurocamac egységekben — a fojtótekercsen kívül — a tranzisztormeghajtó áramkörök is tartalmaznak fémüveget. Előnyösen kihasználható az így készült fojtók induktivitásának gerjesztésfüggése (10. ábra) kapcsoló üzemi tápegységek ripplejének terhelés-függetlenítésére is, ugyanis kis terhelésnél a kis $I \cdot N$ szám nagy induktivitást eredményez, ami — az egyébként növekedő — deviáció csökkenésének irányába hat.

Az erősáramú felhasználásnál „fordított” geometriát alkalmaztunk, az amorfi szalagot itt a tekercs köré cséveltük a vaskeresztmetszet-növelés érdekében. Több száz darabos null-szériával igazoltuk az adott funkcióban a fémüveg felhasználhatóságát, s ezeket a tápegységeket a KFKI jelenleg is gyártja.

Összegezés

A leírtak alapján látható, hogy az amorfi ötvözetek jól beilleszthetők a hagyományos anyagú lágymágnesek és a ferritek közé. Telítési mágnesszettségük lényegesen nagyobb a ferritekénél, viszonylagos frekvenciafüggetlenségük révén előnyösebben alkalmazhatók — főleg középfrekvenciás berendezésekben — a hagyományos lágymágneses anyagoknál.

A fémüveg szalagok már hazánkban is hozzáférhetőek, és bízunk benne, hogy előnyös tulajdonságaikat egyre több, speciális alkatrésznel használják majd ki.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] F. Luborsky, szerk.: Amorphous Metallic Alloys, Butterworths Monographs in Materials, London, Boston; (1983)
- [2] R. Hasegawa, szerk.: Glassy Metals — Magnetic, Chemical and Structural Properties, CRC Press, Boca Raton; (1982)
- [3] Konczos G., Tompa K., Varga L.: A fémüvegek gyakorlati felhasználása, KFKI Report 1982—22 Budapest; (1982)