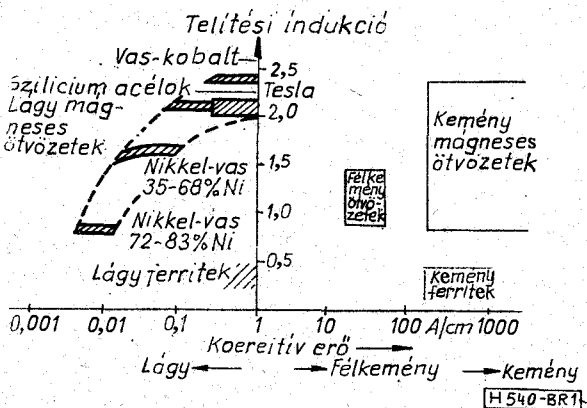


A fejlesztés újabb eredményei lágy mágneses ötvözetek és alkatrészek területén

ETO 621.318.13:689.018.58

A mágneses anyagok választékát nagyszámú különleges anyag alkotja. Ezek többségét az utóbbi évtizedekben fejlesztették ki, először a kohászok és mérnökök empirikus munkája alapján, később a korszerű fémfizika és technológia módszerei is alkalmazásra kerültek a kutatásban és fejlesztésben.

Bevezetésképpen a mágneses anyagok „térképén” — két jellemző és fontos paraméterként — a koercitív erő és a telítési fluxussűrűség igen széles értékészletét mutatjuk be. Ezen a térképen (1. ábra) balról jobbra haladva, rendre lágy, félkemény és kemény mágneses anyagok (ötvözetek és ferritek is beleértve) szerepelnek. Felhívjuk a figyelmet az 54–68%-os és a 72–83%-os Ni tartalmú (a mágneses anyagok ezen osztályozása megfelel az IEC ajánlásainak) nikkel-vas ötvözetekre, amelyek kiemelkedő mágneses tulajdonságúak. A VACUUMSCHMELZE [1, 2] és más cégek szakemberei által e területen végzett kiterjedt kutatómunka néhány kiváló ötvözettypust eredményezett, ezeket a továbbiakban behatóbban fogjuk ismertetni.

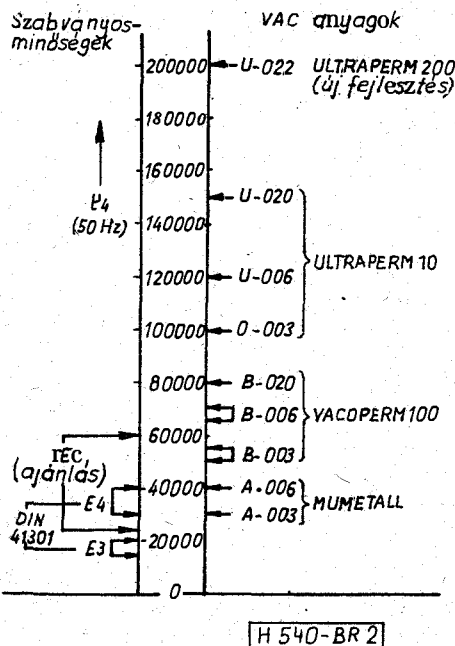


1. ábra. Mágneses anyagok áttekintése

Ezen anyagok mágneses viselkedésére jellemző többek között a hiszterézishurok alakja és a kezdeti permeabilitás. A kezdeti permeabilitás növelése a legutóbbi évek és évtizedek során a NiFe-ötvözetek területén elért legjelentősebb eredménynek számít [3], azonban azt is rendkívül fontosnak kell tartanunk, hogy ugyanazon ötvözetnél különböző típusú hiszterézisgörbék is megvalósíthatók [1–3].

Tekintsük először a VAC cég 72–83% NiFe-ötvözetek legújabb elért permeabilitás értékeit és hasonlítsuk össze a szabványos minőségekkel.

A 2. ábra szemlélteti a rendelkezésre álló nagy permeabilitás tartományt és az elérhető nagy értékeket. Érthető módon a szabványos minőségjellemzőket — amelyeket országos vagy nemzetközi gyakorlat-



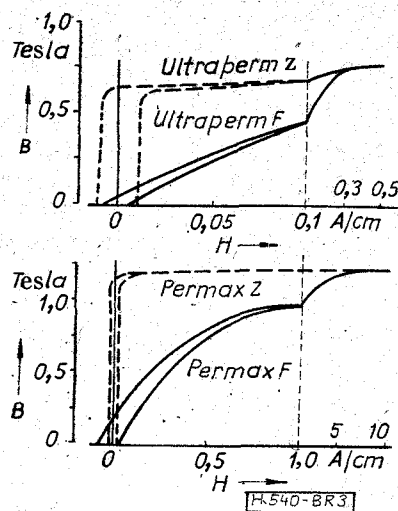
2. ábra. A 72–83%-os NiFe-ötvözetek permeabilitása összehasonlítva a szabványos minőséggel

ban minimális permeabilitásértékként adnak meg — gyakorlati tapasztalatként és tényként tekintik, ezért nem lehet a maximális értékek rögzítésére, ill. meghatározására szorítkozni.

Lapos hiszterézishurkú, nagy impulzus-permeabilitású anyagok

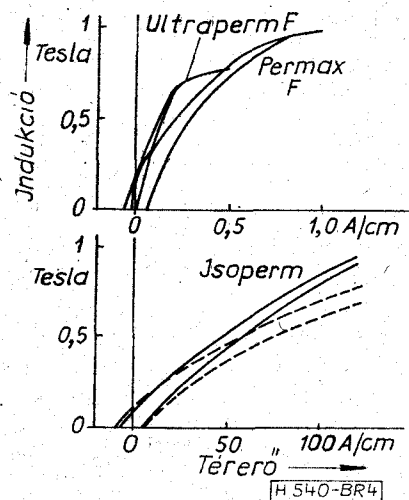
A teljesítményelektronika újabb fejlődése aktuálisá tette olyan anyagok kutatását, amelyeknek remanenciája igen kicsi és hiszterézishurkuk igen lapos, ellentétben a nagy kezdeti permeabilitású négyszögletes vagy kerek hiszterézishurokkal jellemzett anyagokkal. Az említett anyagokra vasmagos eszközök unipoláris impulzusüzemében van szükség.

A VAC cégnek sikerült a kívánt tulajdonságú két új anyagot kifejlesztenie, nevezetesen egy nagy (75%) nikkelt tartalmazó NiFeMo-ötvözetet [4, 5]. Az ötvözetek megfelelően választott összetételén kívül a fejlesztés eredményessége azon alapszik, hogy a 600 °C alatti rendeződési zónában hőkezeléssel a belső állapotot is a kívánt értelemben sikerül megváltoztatni. E kezeléssel izotóp rendeződési folyamat következik be, amely megváltoztatja a kristály anizotrópia K_1 állandóját. Irányított rendeződés kialakítása is lehetővé vált mágneses térben történő lágyítás hatására, amelynek eredménye K_u egytengelyű anizotrópia a mágnesezés irányában.



3. ábra. Nikkel-vas ötvözetek lapos és négyzetes hiszterézis-görbéi

Annak lehetősége is fennáll azonban, hogy ugyanannál a két anyagnál négyzetes hiszterézisurkot valósítsunk meg. A 3. ábrán látható a két ötvözet mindkét hiszterézisgörbéje. Amint köztudott a remanenciát légréssel is lehet csökkenteni. Sok esetben azonban ez az út nem járható és ezért merült fel annak szükségessége, hogy magával az anyaggal oldjuk meg a feladatot. Kis remanenciájú anyagok „Isoperm” néven régóta ismeretesek [6]. Ezek az ötvözetek azonban az impulzustechnikában nem alkalmazhatók, mivel koercitív erejük és a veszteségük gyors átmágnesezés esetében túl nagy, továbbá 100 körüli permeabilitásuk messze elmarad a kívánt értéktől (4. ábra).



4. ábra. Lapos hiszterézisgörbéjű anyagok

Az új, kb. 75%-os NiFe, ill. 65%-os NiFe anyagok lapos hiszterézisgörbéjükkel lényeges haladást jelentenek. Jellemzésükre közöljük az indukció, az impulzus-permeabilitás és a koercitív erő (ΔB , μ_p és H_c) tipikus sztatikus értékeit:

PERMAX F $\Delta B = 1,0 T$;
 $\mu_p = 4 000$;
 $H_c = 70 \text{ mA/cm}$,

ULTRAPERMF $\Delta B = 0,6 T$;
 $\mu_p = 12 000$;
 $H_c = 12 \text{ mA/cm}$.

Ezen anyagok főbb alkalmazási területei az alábbiak: impulzustranzformátorok, tirisztorok gyűjtő, vagy triggertranszformátorai, tirisztorokat védő fojtók [5, 7, 8] és kapcsolóüzemű tápegységek transzformátorai [7, 9].

Nagy kezdeti permeabilitású nagy keménységű és kopásálló NiFe-ötvözetek

A közhiedelem szerint a mágneses anyagok mechanikai és mágneses értelemben vett keménysége, illetőleg lágyága egymással rögzítetten és megváltoztathatatlanul kapcsolt tulajdonságok. Ezzel ellentétben a nagy permeabilitás és a nagy mechanikai szilárdság létrejöttéhez szükséges belső mechanizmus jobb megértése nyomán lehetővé vált mindkét tulajdonság egyidejű megvalósítása. Ezt NiFe-ötvözetekkel érték el, amelyek kis mennyiségben további adalékokat is tartalmaznak.

Az 1. táblázatban megadjuk a VAC cég RECOVAC elnevezésű, kiváló tulajdonságú ötvözetekének és hasonló Japánban kifejlesztett ötvözeteknek jellemzőit. Eme új anyagok mechanikai keménysége kétszerese a klasszikus, pl. a MUMETALL ötvözeteknek, permeabilitásuk pedig közel ugyanakkora.

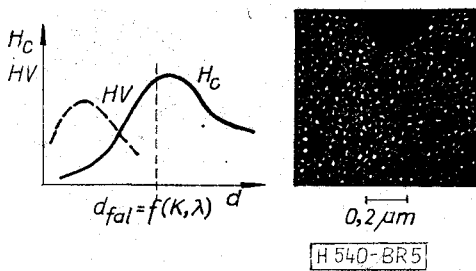
Az új ötvözetek kopásállósága 7–10-szer nagyobb, mint a klasszikus NiFe-ötvözeteké, forgácsoló megmunkálhatósága pedig ugyancsak kiváló az AlFe-hez viszonyítva. Ilymódon a RECOVAC a mágnesszalagos hang- és adatrögzítőkben alkalmazott, kopásálló, hosszú élettartamú mágnesfejek anyagaként egyre fontosabbá vált [10].

Próbáljuk értelmezni és megérteni ezt a jelenséget. Evégett tekintsük a kis méretű részecskék, elsősorban nem mágneses zárványok befolyását a mágneses és mechanikai tulajdonságokra.

Az 5. ábra vázlatosan szemlélteti a koercitív erő és a keménység függését a ferromágneses NiFe ágyban levő kisméretű, nem mágneses részecskék nagyságától és átmérőjétől, a Bloch-fal vastagsághoz viszonyítva. Lényeges, hogy a koercitív erőre, illetőleg a keménységre gyakorolt legnagyobb hatás különböző hullámhosszúságú torzításoknál következik be. A koercitív erőre gyakorolt befolyás elhanyagolható marad, ha a részecske átmérője nagyon kicsiny a Bloch-fal

1. táblázat
 A RECOVAC tulajdonságai

Ötvözet	Permeabilitás μ_4	Koercitív erő A/cm	Telítési fluxus-sűrűség T	Kemény-ség HV
RECOVAC 100	40 000	0,015	0,5	220
RECOVAC BS	20 000	0,025	0,65	220
RECOVAC 70 D	20 000	0,025	0,7	140
RECOVAC 50 D	2 500	0,2	1,3	140
MUMETALL	50 000	0,012	0,8	100



5. ábra. Kis koercitív erőt és nagy mechanikai keménységet eredményező részecskénagyságok 75%-os NiFe-ötvözetben (RECOVAC-ban)

vastagsághoz képest, ugyanakkor az ilyen nagyon kis részecskék (csapadékok) lényegesen megnövelik a keménységet.

A permeabilitás és az indukció közti összefüggés alacsony hőmérsékleten

Minden mágneses tulajdonság határozott hőfüggést mutat. Így pl. a telítési fluxussűrűség egy közismert fizikai törvény értelmében a 0 °K-en felvett maximumáról nullára csökken a Curie-ponton.

A kezdeti permeabilitás változása ennél sokkal komplexebb. Részben az ötvözet néhány alapvető paraméterének hőmérsékletfüggése szabja meg, részben pedig a kristályszerkezet hibái, valamint az atomok rendezettségének foka [12].

Az ötvözetek összetételének gondos megválasztásával, speciális hőkezeléssel — mint pl. a lehűtés sebességének változtatásával, vagy az ötvözet magas hőmérsékleten tartásával — a kezdeti permeabilitás hőmérsékletfüggése nagymértékben befolyásolható.

A 6. ábra arra mutat példát, hogy a nagy kezdeti permeabilitást tetszés szerint akár szobahőmérsékleten, akár 4° K-es hőmérsékleten meg lehet valósítani. A CRYOPERM 10 elnevezésű ötvözet kezdeti permeabilitása 4 °K-en $\mu_0 = 70\,000$, ami más anyagokhoz képest igen nagy érték [13].

Amint a 7. ábra mutatja, nemcsak a kezdeti permeabilitás, hanem rögzített télerősséghez tartozó indukció, továbbá a teljes mágnesezési görbe lefutása is beállítható. Ezek a kis hőmérsékleti együtthatójú anyagok előnyei pl. nagy érzékenységgű (pl. 30 mA) földzárlatmegszakítók toroid csévéinek magjainál lényegesek.

Az ötvözetek továbbfejlesztése területén elért eredmények fenti három példája bemutatja azokat az érdekes lehetőségeket, amelyeket az 54–68%-os és a 72–83%-os nikkeltartalmú NiFe-ötvözetek az eddig ismert normális tulajdonságokon és alkalmazásokon felül kínálnak.

NiFe-ötvözet magok és alkatrészek

A magok választékánál egyre jobban az a törekvés érvényesül, hogy félkész termékek és alkatrészek helyett kész termékek és induktivitások álljanak a vevő rendelkezésére. Ebben a tekintetben igen hasznosnak mondható a C magok IEC—329 szerinti szabványosítása, valamint a folyamatban levő ajánlások

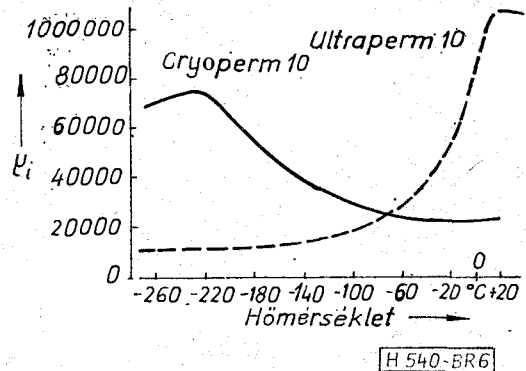
előkészítésére irányuló tevékenység, amely a szalagból tekercseléssel készült vasmagokra és a lemezeit mágneses anyagokra [14] vonatkozik.

Toroid magok

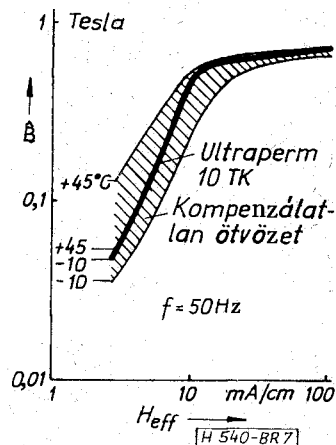
Szalagból készült toroid vasmagok már nagyon régen szerepelnek a lágy mágneses ötvözetekből készült alkatrészek választékában, de változatlanul korszerűek. Újabb alkalmazást találtak a teljesítményelektronikában, kapcsolóüzemű tápegységekben, továbbá biztonsági berendezésekben, pl. földzárlatmegszakítóknak. Ezekben az alkalmazásokban a toroidalak az, amely a nagy permeabilitás és a kis veszteségek, valamint a hiszterézis hurok optimális kihasználása szempontjából legjobban megfelelnek.

Néhány évvel ezelőtt az IEC megkezdte a szalagból tekercselt toroid vasmagok egyes méretsorozatának szabványosítását. Eltekintve a számos országban létező igen változatos méretektől, három, az R 10 számsorozaton alapuló méretváltozat ajánlására került sor [14]. Az ajánlás szerinti magok keresztmetszetét a 8. ábrán adjuk meg.

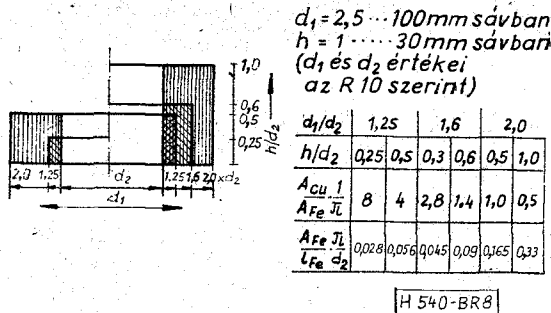
A három sorozat figyelembe veszi a lágy mágneses ötvözetek és ezek hiszterézisgörbéinek sokféleségét, továbbá a géppel való tekercselhetőséget, külön figyelmet szenteltek az A_{Cu}/A_{Fe} és A_{Fe}/l_{Fe} magfaktoroknak. E tényezők nagy értékészlet-tartománya speciális toroid transzformátorok és fojtók tervezését is lehetővé teszi [6, 7].



6. ábra. Alacsony hőmérsékleten nagy permeabilitású NiFe-ötvözet



7. ábra. Kis hőmérsékleti együtthatójú NiFe-ötvözetek



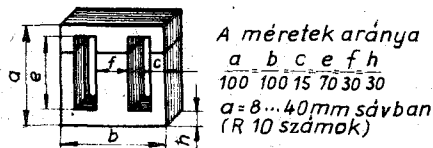
8. ábra. Tekercselt toroid vasmagokra vonatkozó IEC-ajánlás

Lemezeit, mágnés magok

A világ számos országában már régen sokféle különböző alakú és nagyságú lemezanyag van általános használatban. A legtöbb méret és méretsorozat empirikus szerkesztési, ill. tapasztalati adatok alapján alakult ki. Az IEC gondozásában ez idő szerint folyamatban van egy erre vonatkozó ajánlás kidolgozása, amely csak kiválasztott (elsősorban EI, EE és UI alakú) sorozatot foglal magába. Ezek közül érdekesekek a 8...40 mm, vagyis a kis külső méretű EE lemezmagok, mivel ezek ragasztott alkatrészként is előállíthatók (9. ábra). E sorozat összes méretének alapjául is az R 10 számsorozat szolgál. Ezért az összes magparaméter viszonya a teljes a mérethez állandó [15]. Az A_{Cu}/A_{Fe} magparaméter értéke minden nagyságnál ugyanakkora, kb. 1,55.

A $C_1 = l_{Fe}/A_{Fe}$ magtényező pedig, amely gyakran szerepel az IEC ajánlásaiban, egyöntetűen $\frac{27}{a}$ [l/mm].

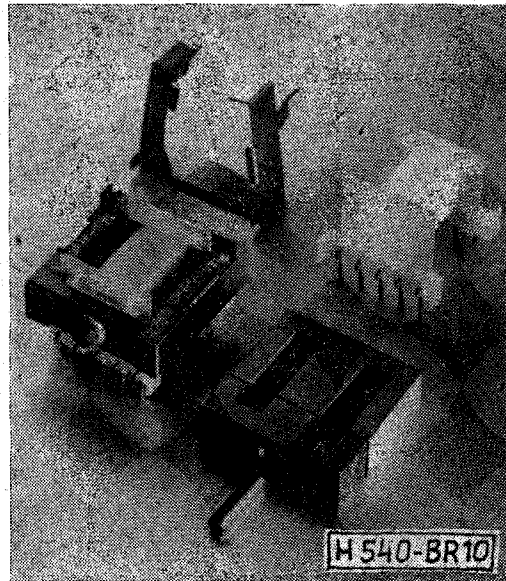
A kisméretű ragasztott E-magokat a híradástechnika transzformátoraiban és előmágnesezett fojtóterkerceiben stb. használják fel. Egyik új, érdekes termékcsoportot ezek közül a ferritcsavarral állítható induktivitású ragasztott E-magok képezik (10. ábra). Amint a ferrit fazék-vasmagok stb. gyakorlatából ismeretes, a vasmagban elhelyezett mágneses csavar csavarásával az induktivitás állítható. Ez az eljárás lemezeit magok esetén is követhető. Az állíthatóság mértéke és az induktivitás függése az előmágnesezés-től, a csavar anyagától függ, amely lehet akár fém, akár ferrit.



Mag-pára méretek	Összefüggések	A méretek közti lépések
Vaskeresztmetszet	$A_{Fe} = \frac{9}{100} a^2$	$5 \sqrt{10}$
Rézkeresztmetszet	$A_{Cu} = \frac{14}{100} a^2$	$5 \sqrt{10}$
Mágneses útfőssz	$l_{Fe} = \frac{24}{10} a$	$10 \sqrt{10}$
Mágneses térfogat	$V_a = \frac{7}{10} a^3$	$3,33 \sqrt{10}$
Magtényező	$\frac{A_{Fe}}{l_{Fe}} = \frac{3}{80} a$	$10 \sqrt{10}$

H 540-BR9

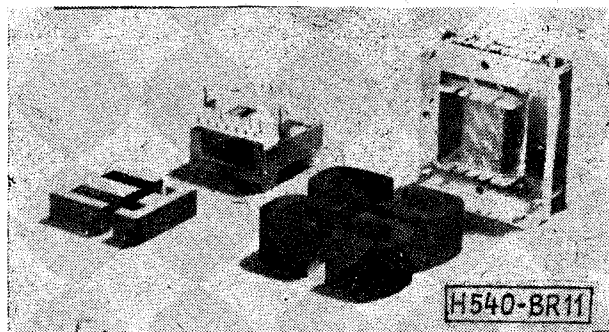
9. ábra. Ragasztott lemezeit E-magok



10. ábra. Ragasztott lemezeit E-magok beállító eszközzel

Tartozékok, szerelési alkatrészek vasmagokhoz, transzformátor-szerelvények

Megszokott dolog a ferritek gyakorlatából, hogy magokon kívül tekercstestek és szerelési anyagok is kaphatók komplett alkatrészek összeállításához. Ma már ugyanez a helyzet a fémmagok, valamint a C-magok és lemezanyagok, valamint a ragasztott lemezeit E-magok esetében is (11. ábra).



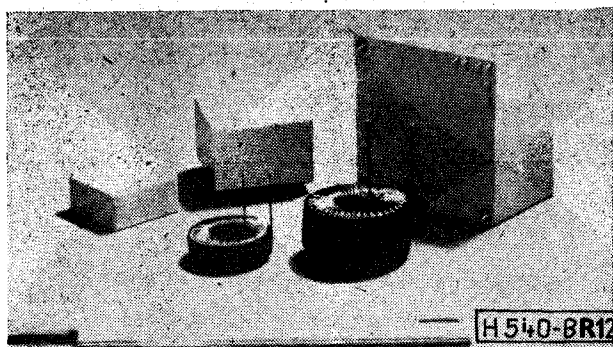
11. ábra. Rögzítő szerelvények és tartozékok transzformátorokhoz és fojtókhoz

Az NSZK-ban mindezeket a tartozékokat és a szerelvények méreteit az illetékes DIN-bizottság szabványosította [14].

Komplett transzformátorok és induktivitások

A fejlődés következő lépése komplett transzformátorok és induktivitások gyártása, beleértve a tekercslelt is (12. ábra). Ilyen alkatrészeket ma már igen nagy számban használnak tirisztorok trigger- és gyűjtőtranszformátoraiként, kapcsolóüzemű tápegységekben vagy egyenáramú átalakítóknál transzformátorként és fojtóként, továbbá nagyfrekvenciás zavarokat kiszűrő fojtóként stb.

Az alkatrészeket többnyire epoxigyantával öntik ki és ezzel biztosítják a ragasztott konstrukciót és a térkihasználást. A szigetelésre és tűzbiztonságra vonatkozó VDE vagy egyéb előírásokat betartják. Az



12. ábra. Toroidtekercek és kiöntött alkatrészek

induktivitások és transzformátorok mágneses vagy elektromos árnyékolással is elláthatók. A magok alakja és mérete, valamint az anyagok és a tekercselés optimális választása jó hatásfokot biztosít. Több alkalmazási terület követelményeinek megfelelő szabványos méretsorozat létezik, vagy kidolgozás alatt áll, a megfelelő villamos működést biztosítjuk. A főbb felhasználási terület által megkövetelt nagyfeszültségű átütési vizsgálatokat is elvégezzük.

Megjegyzés

A CRYOPERM, MUMETALL, PERMAX, RECOVAC, ULTRAPERM és VACOPERM elnevezések a Vacuumschmelze GmbH védett termékevei.

I R O D A L O M

- [1] Vacuumschmelze GmbH: 50 Jahre Werkstoff—Entwicklungsg. Hanau, 1973
- [2] Vacuun schr elze GmbH: Weichmagnetische Werkstoffe. Szerk. R. Boll; Berlin, München: Siemens AG, 1977
- [3] Pfeifer, F.: Technisch wichtige weichmagnetische Legierungen; Weitere Legierungen mit Nickel, in: K. E. Volk, Nickel und Nickellegierungen, B 5.3; B 5.4: Berlin (Heidelberg) New York; Springer, 1970 pp. 73—100
- [4] Pfeifer, F.—Deller, R.: Neue Werkstoffe für Impulsübertrager. ETZ—A. 89. (1968) p. 601—604
- [5] Pfeifer, F.—Boll, R.: New Soft Magnetic Alloys for Applications in Modern Electrotechnics and Electronics. IEEE Trans Magn. Mag—5 (1969) p. 365—370
- [6] Boll, R.—Bretthauer, K.: Magnelische Bauelemente mit Bandringkernen aus weichmagnetischen Legierungen. Siemens—Z. 44. (1970) p. 142—150
- [7] Boll, R.: Kerne und Bauelemente aus weichmagnetischen Legierungen für die Leistungselektronik. Der Elektroniker 11. (1972) p. 9—14
- [8] Hinz, G.: Linear and Nonlinear Reactors with Nickel—Iron Alloys in Power Circuits. IEEE Trans. Magn. MAG—9 (1973) p. 418—421
- [9] Wahnfried, S.: Getaktete Stromversorgungen mit Gegentakt—Leistungsübertragern. Elektronik, 25 (1976) p. 55—60
- [10] Pfeifer, F.—Radeloff, C.: RECOVAC, eine verschleißfeste, hochpermeable Legierung für Magnetköpfe. Siemens—Z. 48. (1974) p. 316—317
- [11] Mager, A.: Magnetische und mechanische Härteprüfungen. (in Härte-technische Tagung, VEB Verlag Technik Berlin, 1953)
- [12] Pfeifer, F.: Zum Verständnis der magnetischen Eigenschaften technischer Permalloylegierungen. Z. Metallkde. 57. (1966) p. 295—300
- [13] Pfeifer, F.: Permalloylegierungen mit hoher Permeabilität bei tiefen Temperaturen. ETZ—A, 88. (1967) p. 538
- [14] Boll, R.: Weichmagnetische Werkstoffe und Bauteile in der Normung. ETZ—B (1974) p. 696—698
- [15] Boll, R.—Martin, H.: Kleinübertrager und Drosseln mit hochpermeablen Kernen. Elektronik, 18. (1969) p. 109—112

MŰSZAKI KÖNYVNAPOK 1977. OKTÓBER

Szakemberek figyelmébe ajánljuk
az alábbi könyveket:

... pld. Alekszejev, J. P.: Korszerű rádióvétel-technika	19,50
... pld. Csabai Dániel: A hangfelvétel gyakorlata	30,—
... pld. Gyakorlati világítástechnika. Szerk.: Gergely Pál	85,—
... pld. Gyurkovics Attila: Televíziójavítás és hibakeresés	31,—
... pld. Híradástechnikai Kislexikon	100,—
... pld. Konwicki—Konwinski—Lachowski: Rádióiránymérés. Rókadázás	28,—
... pld. Magyar—Glofák—Theisz: IC-Atlasz. Digitális integrált áramkörök	80,—
... pld. Morris, M. M.: Digitális áramkörök és rendszerek	21,—
... pld. Villamos Automatikák. Szerk.: Bánóczy György	53,—
... pld. Zierl, R.: Rádiózástechika	26,—

Címünk:

**MŰVELT NÉP
KÖNYVTERJESZTŐ
VÁLLALAT**

252. sz. Műszaki és Idegennyelvű
Könyvesboltja
9021 GYŐR, Lenin u. 18.



A fenti könyvek az októberi Műszaki Könyvnapok kiadványai. Megjelenésükkor szállítjuk.

A könyvek megrendelhetők a kivágott és kitöltött hirdetési szelvényen, vagy postai levelezőlapon.

Kézpénzfizetés esetén 100,— Ft felett a szállítás költségmentes.

Részletvásárlásnál a postaköltséget, továbbá a 3% kezelési költséget felszámítjuk.

Részletfizetési kedvezmények: 200,— Ft felett 4 havi, 600,— Ft felett 6 havi törlesztés.

M e g r e n d e l é s

Alulírott megrendelem postai szállításra a fenti műveket:

+ Részletfizetéssel

++ Kézpénzfizetéssel

(A nem kívánt feltétel törlendő!)

Kelt

a megrendelő aláírása

A megrendelő neve:

Címe (irányítószámmal):

Csak részletfizetés esetén töltendő ki!

Születési hely, év:

Anyja neve: