

JANOVSZKY DÓRA – ROÓSZ ANDRÁS

Amorf fémek

Olvadékból amorf ötvözetet először 1960-ban állítottak elő. Felfedezésük óta egyre szélesebb körben alkalmazzák ezeket az ötvözeteket, mert kedvezőek a tulajdonságaik több szempontból is. Az amorf ötvözeteknek vannak fémes tulajdonságaik, pl. jól hajlíthatók, kedvezőek a mágneses tulajdonságaik, de az üvegekre jellemzően például igen korrózióállóak. Szilárdságuk általában nagyobb, mint a kristályos anyagoké, ezért az olcsóbb alapanyagú amorf ötvözetek előállítására a cél napjainkban.

1. Bevezetés

Az ipar, különösképpen az elektronikai ipar fejlődése új anyagok felhasználását teszi szükségessé, melyek használatával a berendezések mérete csökkenthető, teljesítményük ugyanakkor növelhető. Ez a magyarázata annak, hogy egyre nagyobb erővel folynak a kutatások az amorf fémek területén. Sokan nem hallottak még az amorf fémekről, bár valószínűleg tudtuk nélkül már ma is használják videójukban, mobiltelefonjukban, laptopjukban.

A fémeket általában sokkristályos anyagnak gondoljuk, melyben a fématomok meghatározott sorrendben helyezkednek el, hosszú távú rendet alkotva. Az üvegekről pedig tudjuk, hogy nem tekintendők kristályos anyagnak, mert bár rövid távú – néhány atom távolságra kiterjedő – rend ezekben az anyagokban is felfedezhető, de a fémekre jellemző hosszú távú kristályos rend hiányzik (1. ábra, 2. ábra). A múlt század közepén, pontosan 1960-ban sikerült olyan arany ötvözetet előállítani, melynek szerkezete az üvegéhez volt

Janovszky Dóra 1983-ban szerzett oklevelet a NME kohómérnöki karán. 1988-ban egyetemi doktori címet, 1996-ban PhD fokozatot nyert. 2002-től az MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoportjának tagja. Érdeklődési területe: pormetallurgia, amorf fémek.

Roósz András akadémikus életrajzi adatait lapunk 2005. évi 5. számában közzé tettük.

hasonló. Ezeket az anyagokat azóta is üvegfémnek vagy amorf fémnek (helyesebben amorf ötvözetnek) nevezzük. Az amorf fémeknek vannak fémes tulajdonságaik, pl. jól hajlíthatók, kedvezőek a mágneses tulajdonságaik, de az üvegekre jellemzően például igen korrózióállóak.

Az amorf fémekkel foglalkozó kutatók közül sokan vallják azt a némileg túlzó nézetet, hogy eddig két nagy ipari forradalom volt, a XIX. századi első nagy ipari forradalom, majd a XX. században a második, a műanyagok megjelenésekor, a XXI. században pedig eljön a harmadik ipari forradalom az amorf anyagok használatával.

Az amorf fémek előállításával, tulajdonságainak vizsgálatával kezdettől fogva foglalkoztak a magyar kutatóintézetek. A Miskolci Egyetemen működő MTA Anyagtudományi Kutatócsoport 3 éve foglalkozik Fe-alapú amorf fémekkel.

2. Amorf ötvözetek és csoportosításuk

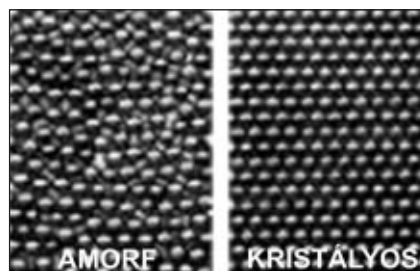
Amorf fémet olvadékból gyors hűtéssel először P. Duwez és társai [1] állítottak elő. Közelítőleg 10^6 K/s-os hűtéssel az $Au_{80}Si_{20}$ ötvözetet olvadékalapotból szobahőmérsékletre hűtve a megszilárdulásakor nem volt elég idő a diffúzió számára, nem alakult ki a fémekre jellemző hosszú távú rend, és amorf állapot alakult ki (3. ábra) [2]. Az amorf állapot kialakításához szükséges, hogy az olvadékot olyan gyorsan hűtsük, hogy elkerüljük a kristályosodásra jellemző C-görbe orrát és elér-

jük az ún. T_g – üvegesedési hőmérsékletet, ahol az olvadék szilárd halmazállapotúvá válik kristályosodás nélkül. Az amorf fémek entalpiája nagyobb, mint az ugyanolyan hőmérsékletű és összetételű kristályos rendszereké (4. ábra) [2]. Az amorf anyag sűrűsége kisebb, mint a kristályosé, sok a szabad hely benne, amit szabad térfogatnak neveznek.

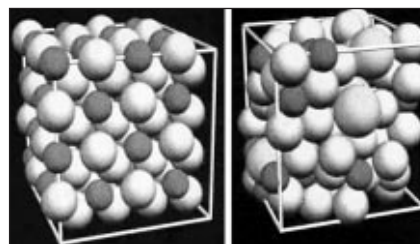
2.1. Csoportosítás az ötvözetet alkotó elemek alapján

Az „amorfizálható”, azaz amorf szerkezetűvé tehető ötvözeteket három nagy csoportba sorolják [2]:

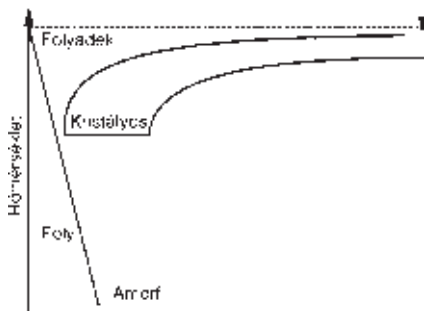
1. csoport: Átmeneti fémeknek nemfémes elemekkel alkotott ötvözei (TL-M típus: late transition metal-metalloid); a Fe, Ni, Co, Cu, Ag, Au fémeknek B-ral, Si-mal alkotott ötvözei tartoznak ebbe a csoportba. Az ötvözetek közül azok amorfizál-



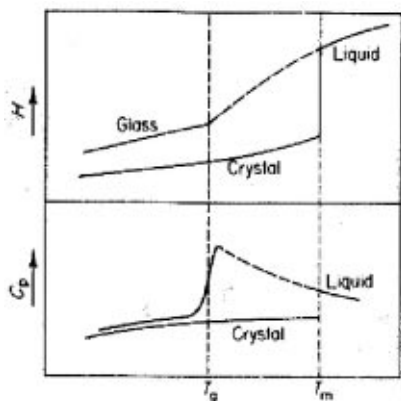
1. ábra. Az amorf és kristályos szerkezet



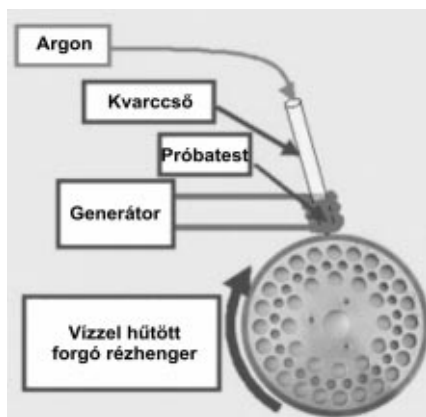
2. ábra. A Fe- (világos) és B-atomok (sötét) alkototta kristályos rend megváltozik, ha nagyobb atomátméretű Y-atomokkal ötvözünk [7]



■ 3. ábra. Folyamatos hűtésre vonatkozó átalakulási diagramm



■ 4. ábra. Az amorf és kristályos ötvözet entalpiájának (H), és hőkapacitásának (Cp) változása a hőmérséklet (T) függvényében [2]



■ 5. ábra. Keskeny amorf szalag gyártása (Melt-spun ribbon)

hatók aránylag kisebb hűtési sebesség esetén is, amelyek közel eutektikus összetételűek, és melyekben az eutektikus vályú „mély”, azaz a likvidusz görbék meredek. Az ilyen binér ötvözetek általában 13-25% nemfémes elemet tartalmaznak.

2. csoport: Átmeneti fémekkel alkotott ötvözetek (TE-TL típus: early transition metal-late transition metal); ide sorolhatók azok az ötvözetek, ahol a két fém olvadáspontja erősen eltér

egymástól, ahol az eutektikus hőmérsékletig meredeken csökken a likvidusz görbe a nagyobb olvadáspontú anyagtól kiindulva. Ilyen ötvözet például a Cu-Ti₃₅₋₇₀, Cu-Zr_{27,5-75}, Ni-Zr_{33-42,60-80}.

3. csoport: Ritkaföldfémeknek átmeneti fémekkel alkotott ötvözetek (RE-TL típus: Rare earth metal-late transition metal); ide tartozik például a La-Au₁₈₋₂₆, La₇₈-Ni₂₂.

Az ötvözetek lehetnek két vagy többalkotósak. A többalkotós ötvözetek általában könnyebben (kisebb hűtési sebességgel) amorfizálhatók.

2.2. Csoportosítás az amorfizáláshoz szükséges hűtési sebesség alapján

Egy másik csoportosítás történhet aszerint, hogy mekkora hűtési sebesség kell ahhoz, hogy amorf állapotú legyen az ötvözet. Eszerint vannak tömbi (bulk) amorf ötvözetek és nem tömbi amorf ötvözetek. Az első generációs, nem tömbi amorf ötvözeteket igen nagy – 10⁵-10⁶ K/s lehűlési sebességgel kellett hűteni ahhoz, hogy amorfá váljanak. Ennek következtében csak igen vékony – néhány száz 10 µm vastag – szalagokat lehetett előállítani belőlük. A második generációs amorf ötvözetek, vagy más néven tömbi (bulk) amorf fémek többalkotós rendszerekbe tartoznak, 0,5 T_m – 0,6 T_m-ig (T_m az olvadáspont) olvadék állapotúak, és 10¹-10² °C/s hűtés is elegendő az amorf állapot eléréséhez.

A tömbi amorf anyagokból már viszonylag könnyen előállíthatók vastagabb darabok is. Az első tömbi amorf ötvözetek sokalkotósok voltak, de ma már háromalkotós tömbi amorf ötvözetek is vannak. Az első nem Fe-alapú tömbi amorf ötvözet publikálása 1988-ban történt, míg az első Fe-alapú tömbi amorf ötvözetéről 1995-ben írtak [3]. Az első Cu-alapú tömbi amorf ötvözetet is 1995-ben ismertették [4], de igazán csak 2000 után indult meg a vizsgálatuk.

Az ötvözetek amorfizálhatóságát vizsgálva Inoue az alábbi kritériumokat határozta meg [5]:

1. Többkomponensű legyen az ötvözet, 3 vagy több elemet tartalmazzon.
2. Az atomok átmérője közt jelentős eltérés legyen ~ 12%.
3. Nagy negatív képződési hője legyen a keveréknek.

A második kritérium hatását jól szemlélteti a 2. ábra. A Fe- és B-atomok szép kristályos rendet alakítanak ki, de ha itriumot adagolunk az olvadékhoz, mely jóval nagyobb atomátmérőjű, akkor ez a rend könnyen felborítható.

Az Inoue-csoport fejlesztette ki a második generációs amorf ötvözeteket, figyelembe véve a fenti feltételeket. Az ilyen ötvözeteknek az összetevőire jellemző, hogy:

1. Nagy különbség van a kristályosodási kezdőhőmérséklet (T_x) és az üvegesedési hőmérséklet (T_g) között.
2. Nagy az „üvegesedési hajlam”, T_g/T_i értéke nagyobb, mint 0,6, ahol T_i az olvadáspont.
3. Kis hűtési sebesség is elegendő az amorf állapot létrehozásához.

3. Amorf ötvözetek előállítása, feldolgozása

Olvadékból több módszerrel lehet előállítani amorf ötvözetet. A teljesség igénye nélkül néhány előállítási módot mutatunk meg az angol nyelvű irodalomban használt elnevezésekkel:

- 1) Kvarccsőben lévő olvadékot vízbe dobva hűtenek (Water quenching a melt in a quartz tube)

Az ötvözetet vékony kvarc csőben megolvastják, majd a kvarc csövet vízben gyorsan lehűtik. Olyan ötvözetet, amelynek valamely alkotója (pl. cirkon, alumínium) a kvarcból szilíciumot redukál, nem lehet ezzel a technikával amorfizálni. További

1. táblázat. A Liquidmetal cég által gyártott néhány amorf ötvözet tulajdonsága [7]

	Zr-bázisú	Pt-bázisú	Au-bázisú	T _g – üvegesedési hőmérséklet T _m – olvadáspont σ _p – folyáshatár HV – Vickers-keménység ε _{el} – rugalmassági határ Y – Young-modulus K _{1c} – törési szívósság T _{casting} – öntési hőmérséklet T _{SPF} – a szuperhűtött olvadékzóna hőmérséklet-tartománya
T _g , °C	350	230	130	
T _m , °C	~600	~500	~400	
σ _p , MPa	2000	1470	~1200	
HV	400	360	-	
ε _{el} , %	2	1,5	1,5	
Y, GPa	95	95	74	
K _{1c} , MPa.m ^{0,5}	40	80	-	
T _{casting} , °C	800	650	550	
T _{SPF} , °C	380-470	250-300	150-190	

hátránya az eljárásnak, hogy csak igen kis méretű próbák készíthetők.

2) Keskeny szalag (Melt-spun ribbon) gyártása

Indukciós úton olvasztják meg az ötvözetet kvarc vagy kerámia tégelyben. Az olvadékot egy kapillárison keresztül vízűtéses forgó rézhengerre fűjják nagynyomású argonnal, az olvadék igen nagy lehűlési sebességgel szilárdul meg (5. ábra). Ezzel a technológiával néhányszor 10 μm vastag és 10-50 mm széles szalagot gyártanak főként elektrotechnikai célokra.

3) Réz öntőformába való öntéssel (Casting in a copper mold)

Az olvadékot a próba tömegéhez mérten nagytömegű réz kokillába öntik. A lehűlési sebesség a próba vastagságától függően 10-100 K/s, így csak a második generációs tömbi amorf ötvözeteket lehet ezzel a módszerrel előállítani. Ily módon már rudakat, nagyobb méretű darabokat is el lehet készíteni.

4) Széles szalagok gyártása folyamatos síköntéssel (Planar-flow casting)

Az amorf anyagok villamos energetikai felhasználásának gátat szabott az a tény, hogy sokáig nem oldották meg a széles szalagok gyártását. M. Narasimhan (1979 [6]) dolgozta ki a folyamatos síköntés technikáját amorf anyagokra. Ez esetben a folyékony fémeket egy vízzel hűtött síklapra öntik (6. ábra). Ezzel az eljárással maximum 300 mm széles szalagokat gyártanak. A második generációs amorf ötvözeteknek köszönhetően az ötvények falvastagsága jelentősen megnövekedett az utóbbi években (7. ábra).

Az amorf ötvözetek feldolgozását forradalmasította a fröccsöntés technológiájának kidolgozása. Ehhez olyan második generációs amorf ötvözetek szükségesek, melyeknél a T_g és T_x hőmérsékletköz széles, 30-80 °C. Az ötvözeteket hagyományos módon amorf állapotúra öntik, majd felmelegítik a T_g hőmérséklet fölé, vagyis a túlűtött olvadék hőmérséklet-tartományába, ahol ezek az anyagok olyan képlékenyek, mint a műanyagok, és fröccsöntéssel alakíthatók. Ezzel az eljárással sikerült a legváltozatosabb alakú tárgyakat gyártani.

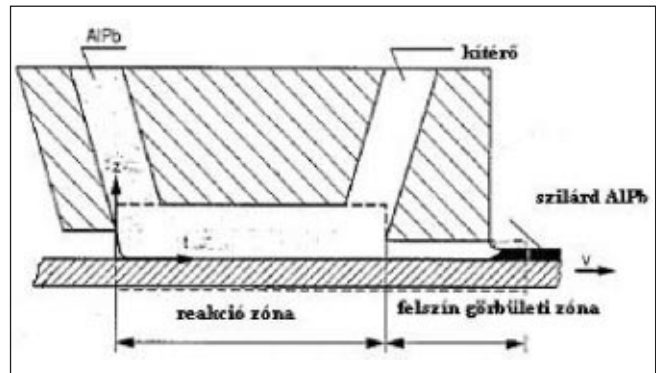
4. Az amorf ötvözetek tulajdonságai

Az amorf ötvözeteknek a kristályos rendszerekhez képest több előnyös tulajdonsága van [7]:

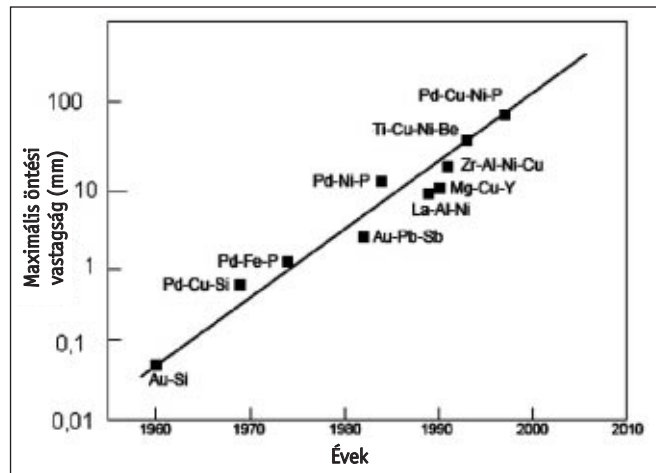
- szilárdságuk jóval nagyobb mint a kristályos anyagoknak, és kisebb a sűrűségük
- kemények, karcállóak
- szívósabbak az ugyanolyan szakítószilárdságú acélokhoz viszonyítva
- rugalmassági határuk nagy
- nincsenek szemcsehatárok, így korrózióállóak és kopásállóak
- Fe- és Co-bázisú ötvözeteknek a lágymágneses tulajdonságai kedvezőek
- Mo- és Nb-bázisú ötvözetek szupravezető tulajdonsággal bírnak
- egyes ötvözetek egyszerre mutatnak lágymágneses és kemény-mágneses tulajdonságokat
- bármely fémes bevonathoz képest – a legkisebb a sűrűládsági tényezőjük
- kötőanyag használata nélkül is a legnagyobb a tapadószilárdságuk
- hőfárasztásnak ellenállnak
- kiváló a hővezető képességük

Zr, Pt és Au bá-

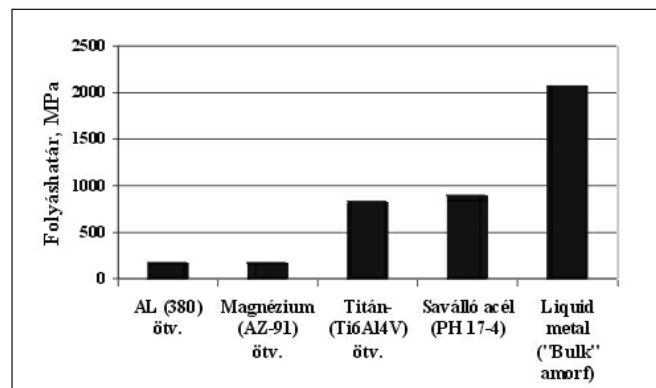
ziszú amorf ötvözet néhány szilárdsági tulajdonságait mutatja be a 8. ábra és az 1. táblázat (Liquidmetal Technologie Ltd, Kalifornia [7]). Látható, hogy a Zr-bázisú amorf ötvözet folyáshatára több mint kétszerese a saválló acélénak. Az amorf ötvözetek törési szilárdsága 840-2100 MPa, míg a Young-modulusuk 47-102 GPa között változik az összetételtől függően [3]. Néhány tömbi amorf ötvözetfajta szakítószilárdságát és Young-modulusát mutatja



6. ábra. Széles szalag gyártása folyamatos síköntéssel

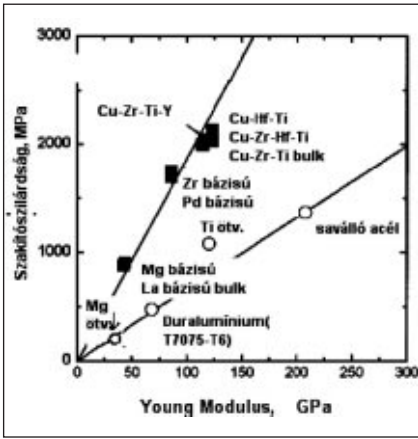


7. ábra. Az előállítható amorf ötvények falvastagságának változása az évek során [7]

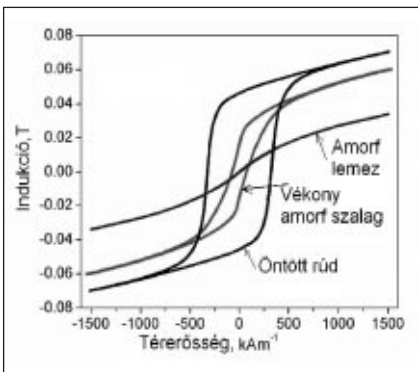


8. ábra. Néhány ötvözetfajta folyáshatára

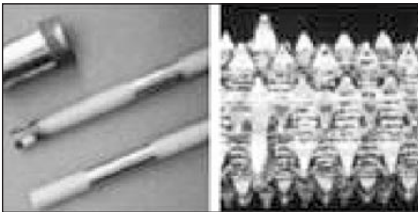
a 9. ábra [8]. A Zr- és Ti-alapú tömbi amorf ötvözetek hajlítószilárdsága 3000-3900 MPa, mely 2,0-2,5-szerese a kristályos ötvözetekének [3] (8. ábra). Az amorf anyagok egyik nagy felhasználási területe az elektronikai ipar. Ez annak köszönhető, hogy kedvező lágymágneses tulajdonságú ötvözetek alakíthatók ki. A Fe- és Co-bázisú amorf ötvözetek hiszterézisvesztése jóval kisebb, mint a hagyományos mágneseké.



■ 9. ábra. A Young-modulus és a szakítószilárdság néhány tömbi amorf ötvözet és hagyományos kristályos anyag esetén [8]



■ 10. ábra. $\text{Nd}_{60}\text{Fe}_{10}\text{Co}_{20}\text{Al}_{10}$ ötvözet hiszterézisvesztése különböző állapotban [9]



■ 11. ábra. Amorf fémmel bevont fűrófejek [7]

A mágneses tulajdonságok erősen függenek a mikroszerkezettől. Az amorf ötvözetekben nincsenek szemcsehatárok, amelyek növelik a hiszterézisvesztését, így az amorf ötvözetek hiszterézisvesztése kicsi (10. ábra). Az ábráról leolvasható, hogy ugyanazon összetételnél is más-más a hiszterézisvesztés, attól függően, hogy hogyan gyártották az amorf anyagot. Az amorf anyagoknak nagy a magnetostrikciója, azaz a mágneseződéssel járó méretváltozása.

Az utóbbi öt évben jelentős kutatások folynak a Cu-alapú amorf ötvözetek előállításán terén, mert nagyon kedvező tulajdonságú tömbi amorf ötvözetek alakítha-

2. táblázat. Amorf fémes transzformátor és egy hagyományos kockatextúrás szilíciumos acél transzformátor néhány tulajdonsága [13]

	Amorf fémes transzformátor	Kockatextúrás szilíciumos acél transzformátor
Terhelés nélküli magvesztés	15,4	57
Tekercsvesztés (terheléskor)	328	314
Gerjesztőáram (%)	0,14	0,36
Melegedés (°C)	48	57
Hallható zaj (dB)	33	40
Tömeg (kg)	200	184

tók ki használatával. A Zr-bázisú amorf ötvözeteknek igen nagy a szakítószilárdsága, folyáshatára, jól fröccönthetők, de felhasználásuk jelentős hátránya a Zr nagy ára. A Cu ezzel szemben olcsóbb, és ugyanolyan vagy kedvezőbb tulajdonságok érhetőek el (lásd 9. ábra) használatával. Az elmúlt öt évben fejlesztett Cu-alapú amorf ötvözetek maximum 40% Cu-t tartalmaznak, és általában 3 vagy annál több alkotós amorf ötvözetek, melyek szakítószilárdsága 200 MPa felett van. A nyúlás viszont általában 1-3% volt, de 2005-ben már sikerült olyan Cu-Hf-Ti-Ag-Ta tömbi amorf ötvözet összetételt kialakítani, melynek nyúlása 19,2% 2180 MPa-os nyomószilárdság mellett [10]. Az öntéssel maximálisan amorf állapotúvá alakítható átmérők is nőnek. 3-5 mm 3-5 mm átmérőjű amorf rudakat állítottak elő az utóbbi öt évben, viszont 2006-ban publikáltak már 10 mm-es Cu-Ag-Zr-Ti amorf ötvözetet is [11]. A Cu-alapú anyagoknál a jó mechanikai tulajdonságok mellett fontos a korrózióállóság is. A Cu-Hf-Ti-Nb ötvözetben a Nb adagolása mellett egy korrózióálló felületi réteg alakul ki, mely kémiai korrózióállóvá teszi az ötvözetet nemcsak a levegőn, de kénsavas és sósavas, valamint NaCl-os közegben is [12].

5. Az amorf ötvözetek néhány felhasználási területe

Elektronikai ipar

Az egyik legnagyobb felhasználója az amorf anyagoknak az elektronikai ipar. Kedvező lágymágneses tulajdonságát kihasználva telíthető vasmagos magneto-métereket, legerjesztő tekercseket, toroidok magját, chip-ek érintkezőit, videofejeket stb. gyártanak amorf anyagból.

1980-ban helyezték üzembe az első amorf fémes transzformátort az USA-ban [13]. A 2. táblázat egy hagyományos kockatextúrás szilíciumos acél transzformá-

tor és egy amorf fémből készült transzformátor néhány fizikai paraméterét mutatja be. Látható, hogy a veszteség 70%-kal kevesebb az amorf fémes transzformátor esetében, valamint a gerjesztőáram is 60%-kal kisebb.

Bevonatok készítése amorf fémből

Az amorf fémek kemények, ezért az olajiparban fűrófejek borítására használják (11. ábra). A szemcsehatárok hiánya miatt az amorf anyagok igen korrózióállóak, ezért például a tengervízzel érintkező felületek amorf anyaggal történő bevonása igen előnyös. Az amorf bevonatok biztosítják a kis súrlódást és a kopásállóságot az alumínium és titán repülőalkatrészekben [7].

Elektronikai termékek burkolóanyaga

Az elektronikai termékek miniaturizálása miatt igény a nagy szilárdság mellett a nagy szívósság, valamint a kis tömeg. Az elektronikai termékek burkolóanyagaként egyre gyakrabban használják a különböző amorf ötvözeteket, mivel szilárdabbak, mint a használatos titánötvözetek, és 1,5-szer keményebbek, mint a saválló acélok. Bonyolultabb formák megvalósítására is alkalmasak, mert az öntés után utólagos megmunkálás nem szükséges (12. ábra). Mindezen tulajdonságokkal rendelkeznek az amorf ötvözetek, ezért vékonyabb és kisebb méretű, de nagyobb teljesítményű készülékek, vagy nagyobb képernyőjű berendezések készíthetők az amorf ötvözetek használatával. Fontos továbbá az is, hogy karc- és korrózióállóak, nem reaktív anyagok [7].

Ékszeripar, sporteszközök gyártása

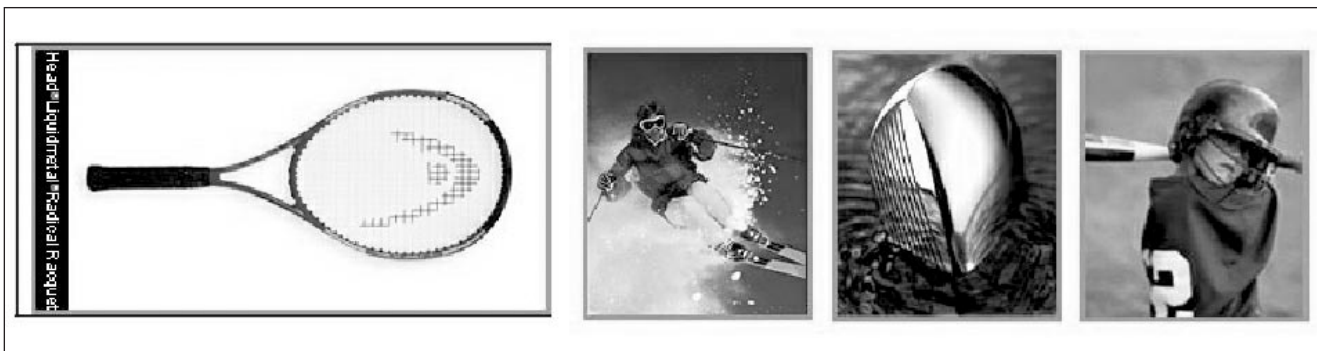
Az amorf fémek eddig említett kedvező tulajdonságai mellett fontos még, hogy az amorf fémeknek korlátlan ideig kemény a felülete, és karcálló, luxus felületűre polírozható, továbbá nem hideg tapintású (13. ábra). Mindezen tulajdonságok miatt



■ 12. ábra. Elektronikai termékek burkolása [7]



■ 13. ábra. Amorf fémből készült óra [7]



■ 14. ábra. Amorf fémből készült sporteszközök [7]

a használatuk kedvelt az ékszeriparban. A Liquidmetal cég két kutatójának 2005-ben sikerült előállítani 18 karátos arany amorf fémötvözetet, mely fröccsönthető és szilárdabb, mint a hagyományos 18 karátos arany ötvözet [7].

A sporteszközöknél azért különösen kedvező a használatuk, mert szinte a tökéletesen rugalmas ütközést lehet velük megvalósítani, ugyanis igen kis energiát nyelnek el ütközéskor. Továbbá az amorf anyagoknak kiváló a belső kis frekvenciás csillapítása, 10-szer rugalmasabbak, 2-3-szor ellenállóbbak a maradé alakváltozással szemben, mint a kristályos fémek. Éltartók, nem foltosodnak és nem rozsdásodnak. Ezen tulajdonságok miatt teniszütőket, golfütőket, sítalpakat, snowboardokat, könnyűbúvár felszereléseket gyártanak különféle amorf ötvözetekből (14. ábra).

Az amorf anyagok energetikailag nem stabil állapotban vannak. Ha energiát közlünk velük, például hő formájában, akkor több változás következik be, majd végül megindul a kristályosodás. A felhasznál-

hatóságuknak határt szab így a hőmérséklet emelkedése. Sok amorf anyagot viszont akkor is fel tudunk használni, mikor részben már kristályosak, bennük nano méretű szemcsék találhatók.

Az itt bemutatott tulajdonságok előrevetítik az amorf fémek felhasználásának elterjedését és használatuk előnyeit.

Irodalom

- [1] P. Duwez: Trans. Am. Soc. Metals, 60,607(1967)
- [2] F. Luborsky: Amorphous Metallic Alloys, Butterworths monographs in Metals(1983)
- [3] A. Inoue: Stabilization of Metallic Supercooled Liquid and Bulk Amorphous alloys, Acta Mater. 48 (2000) 279-306.
- [4] K. Amiya, N. Nishiyama, A. Inoue, T. Masumoto: Mater. Sci. Eng. A 179-180 (1994) 692.
- [5] www.e4engineering.com
- [6] M. Narasimhan, U.S. Patent No4-, 142,571 (1979)

[7] www.liquidmetal.com

[8] A. Inoue, W. Zhang, T. Zhang, K. Kurosaka: Cu-based bulk glassy alloys with high tensile strength of over 2000MPa, J. Non-Cryst.Solids, 304 (2002) 200-209.

[9] www.ifw-dresden.de/imw/25/magnetism.html

[10] Z. Bian, H. Kato, C. L. Qin, W. Zhang, A. Inoue: Cu-Hf-Ti-Ag-Ta bulk metallic glass composites and their properties, Acta Mater. 53 (2003) 2037-2048.

[11] C. Dai, H. Guo, Y. Shen, Y. Li, E. Ma, J. Xu: A new centimeter-diameter Cu-based bulk metallic glass, Scripta Mater. 54 (2006) 1403-1408.

[12] C. Qin, W. Zhang, K. Asami, N. Ohtsu, A. Inoue: Glass formation, corrosion behavior and mechanical properties of bulk glassy Cu-Hf-Ti-Nb alloys, Acta Mater. 53 (2005) 3903-3911.

[13] N. DeCristofaro: Amorphous Metals in Electric-Power Distribution Applications, MRS Bulletin, V23, N.5 (1998)

Új robotautót fejlesztett ki a müncheni Bundeswehr Egyetem. Az önállóan közlekedő jármű az első teszteken sikeresen mutatkozott be.

Augusztus 13. és 16. között rendezték meg Svájcban a robotautók elitjének versenyét. Az European Land Robot Trial nevű viadalon összesen 14 egyetemi és főiskolai csapat vett részt. A versenyt a müncheni Bundeswehr Egyetem átépített VW Touareg robotautója nyerte meg.



A gépkocsit a szakemberek egy lézerezés és 64 távolságmérésre szolgáló szenzorral látták el. A lézerezés másodpercenként tízet fordul és egymillió pontot tud regisztrálni. A beérkező adatokat három számítógép dolgozza fel. Így jön létre a jármű irányításában fontos 3D-s környezeti modell, amely segít az útvonal meghatározásában és az akadályok felismerésében. A VW Touareg a távot 31 perc alatt teljesítette és 90 százalékban önállóan haladt, csak a keresztezésekben és a veszélyesebb útszakaszokon kellett a vezetőnek átvennie a kormányt.

A projekt vezetője Hans Joachim Wünsche professzor, akinek elődje, Dieter Dickmanns már 1995-ben sikeresen részt vett egy tesztben. Münchenből Dániába utazott autópályán egy, a jelenleginél jóval szerényebb tudású robotautóval. A távot a jármű megbízhatóan teljesítette. Wünsche professzor szerint a VW Touareggal végzett tesztek eredményei azt mutatják, hogy már most lehetséges a közúti forgalomban önálló közlekedésre képes, megbízható robotautókat létrehozni, és ezek a járművek 15-20 éven belül akár teljesen elfogadottá válhatnak. Azonban egy vezetőre – biztonsági okokból – mindig szükség lesz. Felmerülnek azonban érdekes kérdések: például egy baleset esetén kit vonhatnak majd fele-

lősségre, a vezetőt, aki gyakorlatilag csak utazott a járműben, vagy a gépkocsi gyártóját? – összegezte véleményét Wünsche professzor.

www.unibw.de

Testhőből elektromosság. A Fraunhofer Intézet munkatársai olyan áramköröket fejlesztettek ki, amelyek testhő elektromossággá történő átalakítására alkalmasak.

A fejlesztő csapat vezetője, Peter Spies villamosmérnök szerint a testhő-áramkörökkel megnövelhető a kisebb akkumulátorok működési ideje, illetve idővel akár teljes egészében ki is válthatják azokat. Az új technika a hőmérséklet-különbségekből elektromos energiát előállító hőelektromos generátorok továbbfejlesztése. Normál esetben ahhoz, hogy egy hagyományos hőelektromos generátor elegendő energiát állítson elő, több tízfoknyi hőmérséklet-különbségre van szükség. Az emberi test és a környezete között a hőmérséklet-különbség azonban többnyire csak néhány fokra tehető, ez pedig körülbelül 0,2 volthoz elegendő, míg az elektromos eszközöknek legalább 1-2 voltra van szükségük. Spies és munkatársai erre a problémára találták meg a megoldást.

A technikát, illetve annak működését a gyakorlatban is bemutatták: egy vezeték nélküli szenzort látott el energiával, ami viselőjének testhőmérsékletét folyamatosan figyelemmel kísérte, illetve továbbította a megszerzett információkat egy központi számítógépnek. A készülék elvileg már alkalmas hallókészülékek energiaellátására, illetve a célkitűzések között használható sport karórák, mp3 lejátszók vagy mobiltelefonok akkuinak kiegészítő áramforrásaként.



A technika, mivel végeredményben hő alakít elektromossággá, ezért nem csupán az emberi test, de hűtőgépek, fűtőtestek, légkondicionálók által termelt, amúgy veszendőbe menő hőből is generálhat elektromos áramot, amit az eszközök vagy egyéb berendezések újrahasznosíthatnak.

www.fraunhofer.de

Akkumulátor papírból. Amerikai kutatók olyan akkumulátort fejlesztettek ki, amely papírba ágyazott szén nanocsövekből készült. A különleges papír hajtogathatóságának köszönhetően alkalmazható lesz a hajlékony elektronikai eszköz működtetéséhez.

A papírákkumulátor prototípusa méretét tekintve alig nagyobb, mint egy postai bélyeg. 2,3 volt feszültséget képes leadni, ami csak egy kisebb fényforrás ellátására elegendő. A Rensselaer Műszaki Intézet kutatói szilícium táptalajon szén nanocsöveket növesztettek, a köztük lévő réseket pedig cellulózzal töltötték ki, ami a nanocsövek végeit is beborította. Miután ez megszáradt, a papíryanagot egyszerűen csak le kellett húzni a szilíciumról, így a nanocsövek egyik vége fedetlenül, elektródaként állt ki a papírból.

A kutatók szerint az akkumulátor rétegezve kondenzátorként is alkalmazható. Ehhez nem kell más, mint a fentebb leírt eljárással készült papírt a cellulózzal beborított oldalaival egymásra helyezni, köztük pedig elektrolitoldatot juttatni. Az így kapott energiaforrás, amellyel hogy megtartja flexibilitását, teljesítményét tekintve már összevethető lenne a hagyományos akkumulátorokkal. Ezzel azonban még nem érnek véget a lehetőségek. A kutatást vezető Linhardt professzor szerint a papírákkumulátor már a jövő energiátároló módszereibe nyújt betekintést.

Annak ellenére, hogy a nanocsöves papírákku könnyen előállítható, környezetbarát és széles körben alkalmazható lenne, még messze van a kereskedelmi alkalmazástól. Ennek leginkább a szén nanocsövek előállításának költsége szab határt, és amíg ezen a téren nem történik valami forradalmi áttörés, addig a papírákkukkal hajtott elektromos autók is csak elképzelések.

<http://news.rpi.edu>