

Ólommentes forraszanyagok vizsgálata: Sn-Bi ötvözetek

Az Sn-Pb alapú forraszanyagok egyik lehetséges kiváltói az Sn-Bi alapú ötvözetek. Ezeknek az ötvözeteknek az olvadáspontja kisebb, mint az Sn-Pb ötvözeté, ennek megfelelően a forraszanyagok szilárdsági és hőfáradási tulajdonságai kisebb hőmérséklet-tartományig (~ 100 °C-ig) hozzák a megfelelő értékeket. A Bi-tartalom növelésével egyre kevesebb a primer fázis mennyisége a növekvő eutektikum mennyisége mellett. Az eutektikus Sn-Bi ötvözet két fázisból áll, Sn és Bi fémekből. Az Sn tisztasága nem befolyásolta sem a szövetszerkezetet, sem a nedvesítést. Az Sn-Bi ötvözetek nedvesítése jó, a vizsgált összetételeknél a peremszög 20–24° tartományba esik, és független az összetételtől.

1. Bevezetés

Az Európai Unió által megfogalmazott irányelvek alapján 2006. július 1-jétől tilos ólomtartalmú forraszanyagokat használni elektronikai termékek gyártásában az ólom mérgező hatása miatt. Ez a szigorítás idővel kiterjed a gépjárművek elektronikai alkatrészeinek gyártására is. Szükséges tehát a jól bevált eutektikus Sn-Pb forraszanyagot felváltani más, az egészséget károsan nem befolyásoló ötvözetrel. Ugyanakkor olyan ötvözet/ke/t kell keresni, amely/ek/nek tulajdonságai hasonlóak. Milyen szempontokat kell tehát figyelembe venni az új ötvözet keresésekor? Ahhoz, hogy a gyártástechnológia gyökeres átalakítása nélkül történjen a váltás,

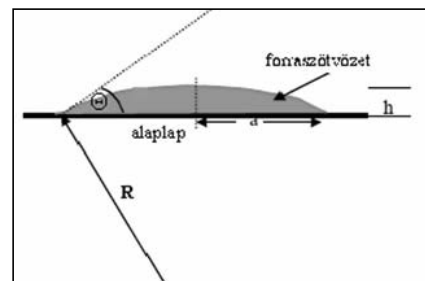
- az ötvözet olvadáspontja közel

- legyen az Sn-Pb ötvözetéhez,
- jó nedvesítő legyen az elektronikában használt bevonatokon,
- forraszthatósági tulajdonságai jók legyenek,
- szilárdsági tulajdonságai megfelelőjenek az elvárásoknak,
- az új ötvözet ára elérhető legyen.

A feltételeknek megfelelő egyik lehetséges ötvözet az Sn-Bi ötvözet, illetve a többalkotós Sn-Bi-X ötvözetek.

2. Az eutektikus Sn-Bi ötvözet összehasonlítása az Sn-Pb ötvözetrel

Az eutektikus összetételű 63t% Sn-37t% Pb ötvözet olvadáspontja 183 °C, míg a szintén eutektikus összetételű 43t% Sn-57t% Bi ötvözeté 139 °C az irodalom szerint [1]. A kisebb



■ 2. ábra. A nedvesítés sematikus ábrája. A nedvesítés elfogadható, ha a nedvesítés szöge $\Theta < 45^\circ$ [2]

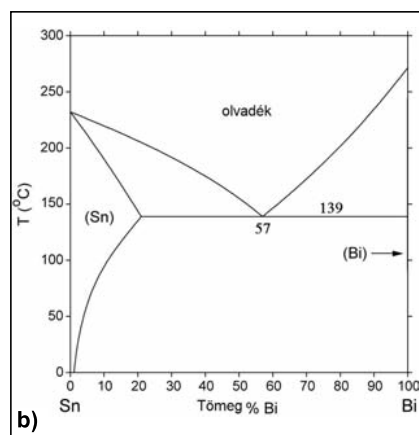
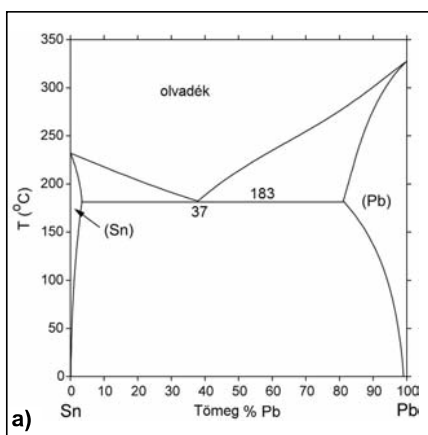
olvadáspont kisebb összeszerelési hőmérsékletet kíván. Az 1. ábra az Sn-Pb és az Sn-Bi egyensúlyi állapotdiagramot mutatja.

Nedvesítés

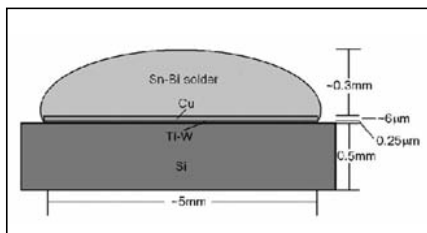
A forraszanyagok egyik legfontosabb tulajdonsága a jó nedvesítés. Részben ez biztosítja a forrasztás tartósságát [2]. Nedvesítési kísérletekkel lehet ellenőrizni valamely ötvözet jó vagy rossz nedvesítési tulajdonságát. A forraszanyagokat az iparban leggyakrabban használt alaplapokon, ill. bevonatanyagokon tesztelik, pl. organikus Cu, Ni-P bevonat. Méri a bevonatra cseppentett ötvözet csepp-átmérőjét, és a cseppnek az alaplappal bezárt Θ szögét (2. ábra). A kísérletek szerint az eutektikus 63t% Sn-37t% Pb ötvözet jobb nedvesítő, mint az eutektikus 43t% Sn-57t% Bi ötvözet, de még az utóbbi is jó ($\Theta < 45^\circ$). A csepp alakját kialakító felületi feszültség függ a hőmérséklettől is. Általában a hőmérséklet növekedésével csökken a felületi feszültség (egyre jobban szétterül az ötvözet), azonban előfordulhat ezzel ellentétes hatás is, pl. ha az ötvözet alkotói erősen oxidálódnak olvadt állapotban [3].

Szakítószilárdság

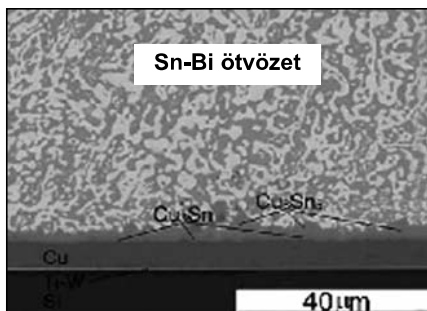
Az eutektikus Sn-Bi ötvözet szakítószilárdságát ún. szendvicskísérlettel szokták ellenőrizni. A forrasztótvözetet két rézlap közé forrasztva különböző hőmérsékleten, különböző se-



■ 1. ábra. Az a) Sn-Pb, b) Sn-Bi egyensúlyi fázisdiagram



■ **3. ábra.** Az Sn-Bi/Cu bevonat sematikus ábrája. [7]



■ **4. ábra.** A keletkező vegyületfázis Sn-Bi/Cu bevonat esetén [7]

bességű húzással mérhetjük a forrasztás tartósságát [2].

Azonos sebességű terhelés esetén az alábbi eredmény látható:

25° C-on:	$\sigma_{Sn-Pb} < \sigma_{Sn-Bi}$
65° C-on:	$\sigma_{Sn-Pb} = \sigma_{Sn-Bi}$
110° C-on:	$\sigma_{Sn-Pb} > \sigma_{Sn-Bi}$

Az eredmény nyilvánvaló, hiszen az Sn-Bi ötvözet nagyobb hőmérsékleten már közel van az olvadáspontjához, így egyre inkább elveszti szilárdságát. Osório és társai [4] vizsgálata szerint az Sn-40t% Bi összetételű ötvözet szakítószilárdsága ~ 74 MPa, kétszer akkora, mint az Sn-3,5t% Ag és az Sn-40t% Pb ötvözeté.

Nyúlás

A kísérletek azt mutatják, hogy azonos geometriájú próbák esetén az eutektikus Sn-Bi ötvözet érzékenyebb a húzás sebességére, az Sn-Pb ötvözet azonban bizonyos körülmények

között jobban nyúlik. Extrudálás után az Sn-Bi ötvözet szuperképlékenyvé válik, és 1950%-os nyúlás is elérhető [2]. Ezt a tulajdonságot az extrudálást követően szobahőmérsékleten történt újrakristályosodás következtében kialakult homogén szerkezet biztosította.

Izoterm kifáradás

A mérések során kis alakítási sebességeknél hasonló volt a két ötvözet élettartama 25 és 70 °C-on, nagyobb sebességeknél az Sn-Bi ötvözeté rövidebb [2].

3. Határfelületi folyamatok az Sn-Bi forrasztótvözet és a bevonatok között

Az elektronikai termékek felületén különböző bevonatok lehetnek, amelyek reakcióba lépnek az olvadt forrasztótvözetrel. A leggyakrabban alkalmazott bevonat a Cu és Ni-P, de előfordulhatnak egyéb bevonatok is (3. ábra). A bevonat és a forrasztótvözet közötti reakció eredménye valamilyen intermetallikus vegyületfázis(ok), amelynek rétegvastagsága, alakja, szilárdsága szintén jelentősen befolyásolja a forraszkötés tartósságát. A vegyületfázis rétegek kialakulásának mechanizmusát, kinetikáját, valamint a bevonat felhasználódásának ütemét számos kutató vizsgálja [5–8], azonban ezek a vizsgálatok többnyire többalkotós Sn-Bi alapú ötvözetekkel történnek.

Az eutektikus Sn-Bi ötvözet és bevonat közötti reakció eredménye Cu-bevonat esetében a Cu_6Sn_5 vegyületfázis a forraszanyag oldalon, alatta egy vékony rétegben Cu_3Sn keletkezik. Sn-Bi/Ni-P bevonat esetében Ni_3Sn_4 vegyület, alkalmanként Ni_3P a keletkező fázis. A Cu_6Sn_5 és Ni_3Sn_4 fázisok morfológiája kagylószerű (4. ábra).

4. Saját vizsgálatok

Az ötvözetek előkészítése

A vizsgálatokat különböző összetételű Sn-Bi ötvözetekkel végeztük. Az ötvözetek elkészítéséhez kétféle tisztaságú ónt használtunk. Ipari tisztaságú (99,8%) és nagy tisztaságú (99,998%) ónt ötvöztünk nagy tisztaságú bizmutterrel (99,5%). A kezdeti vizsgálatok célja az volt, hogy lássuk, van-e a fém tisztaságának jelentős befolyásoló szerepe. Az 1. táblázatban látható ötvözeteket úgy készítettük el, hogy a tömeg%-nak megfelelő mennyiséget kimértük Sn-ból és Bi-ből, majd az adagokat összeolvasztottuk. Az adagokat alumínium-oxid tégelyben áramló Ar-védőgáz mellett olvasztottuk meg kemencében. Öntés előtt az olvadékot megkevertük, hõn tartottuk, hogy minél homogénebb legyen. Az olvadékot 4 mm belső átmérőjű U alakú hőálló üvegcsőbe öntöttük. A megszilárdult ötvözetről leverte az üvegcsövet, feldaraboltuk a különböző vizsgálatokhoz.

Termikus vizsgálat

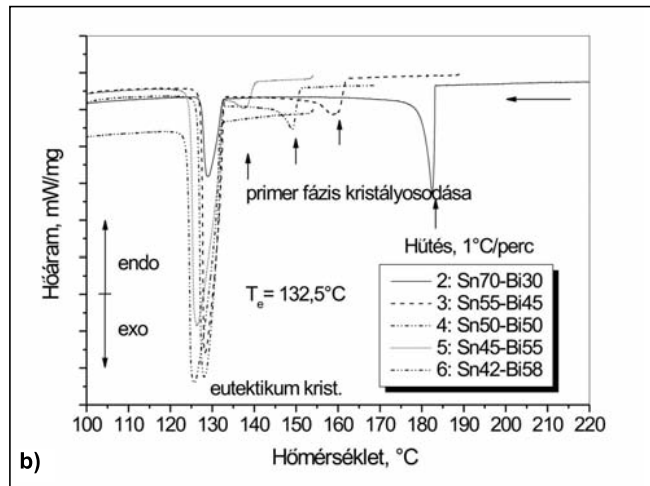
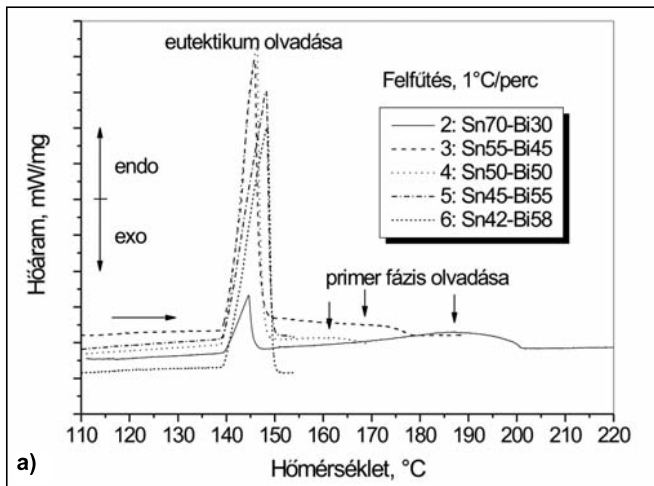
A leöntött ötvözetekből kb. 3 mm magas darabokat vágunk a DSC (differencial scanning calorimeter; Netzsch 204) vizsgálathoz. A mintákat zárt Al-tégelyben Ar-védőgáz alatt 1 °C/perc sebességgel hevítettük az irodalmi TL hőmérséklet fölé, majd 10 perc hõn tartás után 1 °C/perc sebességgel lehűtöttük. Az 1 °C/perc sebesség közel egyensúlyi szerkezet kialakulását, kristályosodását teszi lehetővé, az így kialakult szövetszerkezetet mikroszkópiával vizsgáltuk.

A kétféle tisztaságú Sn-ból készült Sn-Bi ötvözetek likvidusz (T_L) és eutektikus hőmérsékletét (T_e) a lehülési DSC-görbékkel határoztuk meg. A hevítési és lehülési görbék ipari tisztaságú Sn-Bi ötvözetek esetében az 5a és b ábrán láthatók.

Hevítéskor egy hegyes, endoterm folyamatot jelölő csúcst látunk 140–150 °C tartományban, majd az összetételtől függően egyre nagyobb lapos, elnyúló csúcst. Két folyamatban zajlik tehát az ötvözetek olvadása, kivéve a '6'-os összetételt, ahol egy csúcst látunk. Lehüléskor szintén két exoterm folyamatot jelölő csúcs (kivéve a '6'-os eutektikus összetételt) látható. A csúcsok azt

1. táblázat. Az Sn-Bi ötvözetek tervezett összetétele. I sorozat – ipari tisztaságú ónnal; II sorozat – nagy tisztaságú ónnal

Sorszám	Sn, t%	Bi, t%	T_L irodalom, °C	Minta	Megjegyzés
2	70	30	195	I-SB2; II-SB2	
3	55	45	165	I-SB3; II-SB3	
4	50	50	153	I-SB4; II-SB4	
5	45	55	140	I-SB5; II-SB5	
6	42	58	139	I-SB6; II-SB6	eutektikus ö.t.

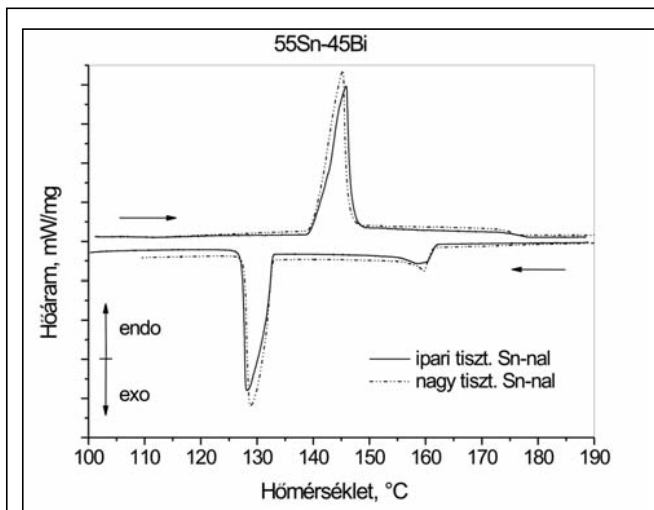


■ 5. ábra. Ipari tisztaságú ónból készült Sn-Bi ötvözetek a) hevítési, b) hűtési görbéi. Sebesség: 1 °C/perc

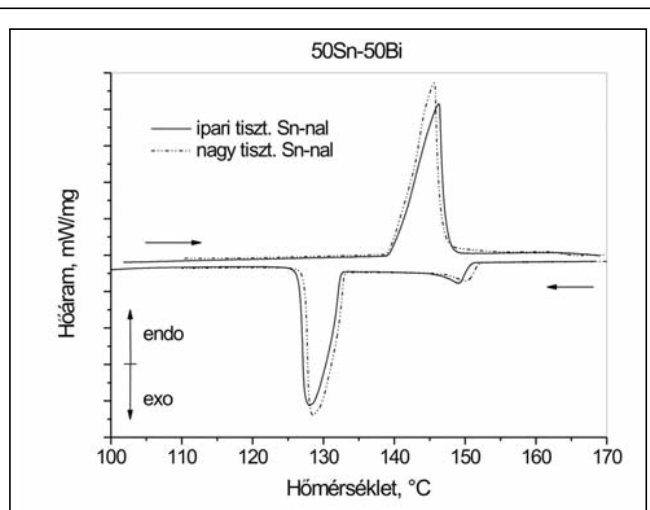
mutatják, hogy elsőként a primer fázis kristályosodik az olvadékból, majd nagy hőeffektussal eutektikus reakcióval kristályosodik a maradék olvadék is. A folyamatok kezdő hőmérsékleteit

az összetétel szerint a 2. táblázat tartalmazza. Jól láthatóan a mért értékek általában alacsonyabbak, mint az irodalmi adatok. Az eutektikus hőmérséklet az ötvözeinknél mérési hibán

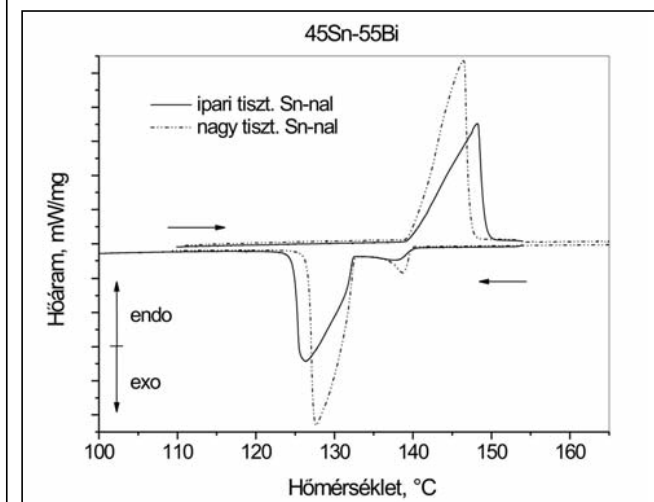
belül állandó, ám ~ 7 °C-kal alacsonyabb az irodalomban található adatnál. Az eltérés a mérési körülmények, a mérőberendezések különbözőségéből, valamint az eutektikus összetétel



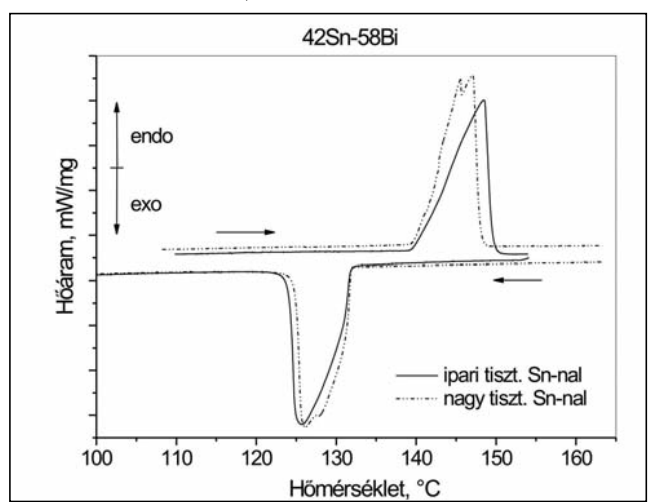
a) '3'-as összetétel



b) '4'-es összetétel



c) '5'-ös összetétel



d) '6'-os összetétel

■ 6. ábra. Kétféle tisztaságú ónnal készült Sn-Bi ötvözetek DSC-görbéi 1 °C/perc hevítési és lehülési sebességnél

2. táblázat. Az ipari tisztaságú Sn – nagy tisztaságú Bi ötvözetek DSC-görbékkel mért likvidusz és eutektikus hőmérsékletei és az irodalmi értékek

Mintanév	Összetétel	Mért értékek		Irodalmi adatok	
		T _L , °C	T _e , °C	T _L , °C	T _e , °C
I-SB2	70Sn – 30Bi	183,1	132,5 ± 0,4	195	139
I-SB3	55Sn – 45Bi	162,1			
I-SB4	50Sn – 50Bi	151,4			
I-SB5	45Sn – 55Bi	140,3			
I-SB6	42Sn – 58Bi *		132		139

* eutektikus összetétel

3. táblázat. A különböző összetételű Sn-Bi ötvözetek megszilárdulási hőmérséklet-tartománya és időtartama. Lehűlési sebesség: 1 °C/perc (ipari tisztaságú/nagy tisztaságú ónnal)

Mintanév	Összetétel	Megszilárdulási hőmérséklet-tartomány, °C	Kristályosodási idő, s
SB2	70Sn – 30Bi	55,6 / 58,3	57 / 58,8
SB3	55Sn – 45Bi	34,7 / 33,3	35,9 / 34,8
SB4	50Sn – 50Bi	24,2 / 24,6	26,0 / 25,9
SB5	45Sn – 55Bi	15,2 / 13	16,1 / 15,1
SB6	42Sn – 58Bi *	7,7 / 7	8,6 / 7,8

* eutektikus összetétel

pontos kiméréséből adódhat. Ezt bizonyítja Osório és társai [4] eredménye, akik 136 °C-ot mértek az eutektikus folyamat hőmérsékletének.

A nagy tisztaságú ónnal készült ötvözetek görbéit összehasonlítva az ipari tisztaságú ónnal készült ötvözetekével egyezést, ill. minimális eltérést tapasztaltunk. Az eltérés a bemérés pontatlanságából adódhat, egyéb különbséget nem tapasztaltunk. A 6. ábrán a kétfajta ötvözet görbéinek összehasonlítását látjuk. A görbék azt mutatják, hogy az ón tisztaságának nem volt mérhető hatása az olvadási, ill. kristályosodási folyamatok hőmérsékletére. A bemérésből adódó kis eltérésektől eltekintve gyakorlatilag megegyeznek a hőmérsékletek. Az eutektikus ('6') összetétel esetében, ha sikerül a pontos mennyiséget bemérni az ötvözőkből, olvadáskor és kristályosodáskor egy csúcsot kell látnunk. A 6d ábrán a nagy tisztaságú ónnal készült ötvözet esetében az összetétel kis eltérése miatt két csúcs jelentkezett. A szövetszerkezeten nagyon kis mennyiségben található primér fázis is.

Az eutektikus folyamat hőmérséklet-tartománya 7–8 °C. Ha az eutektikus összetételtől távolodunk (csökkenő Bi-tartalom), megjelenik a primér fázis visszaolvadásának, ill. kristályosodásának a folyamata. Így

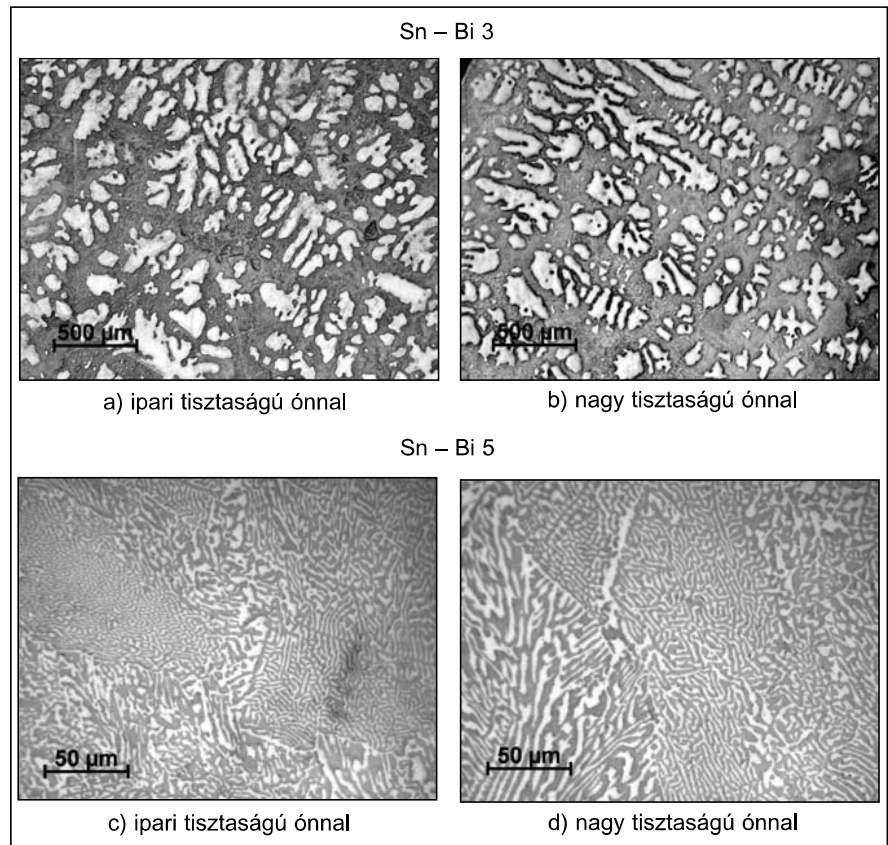
széthúzóódik a megszilárdulási hőmérséklet-tartomány és a kristályosodási időtartama is hosszabbodik. A vizsgált összetételek esetében a 3. táblázat foglalja össze a hőmérséklet-tartományt és a kristályosodási

időt 1 °C/perc lehűlési sebességnél.

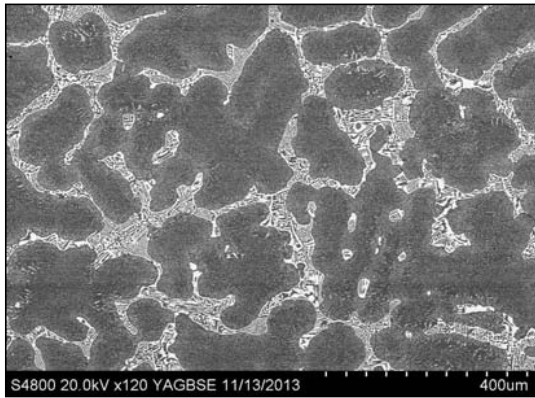
Szövetszerkezet

A DSC-ben történt olvasztás és kristályosodás után megvizsgáltuk a minták szövetszerkezetét (7. ábra). Az Sn–Bi 3 ötvözet, ahol a Bi-tartalom 45 t%, egy hipoeutektikus ötvözet. A primér fázis dendrites alakban kristályosodik az olvadékból, a maradék olvadék pedig finom szerkezetű eutektikumot képez. Az eutektikum szerkezetét nagyobb nagyításon lehet jól megfigyelni. Az Sn–Bi 5 ötvözet (55 t% Bi) már nagyon közel van az irodalomban megjelölt eutektikus összetételhez, a szövetségében tisztán eutektikus szerkezetet látunk (7c, d ábra). Az Sn tisztaságának szövetszerkezetre gyakorolt hatását vizsgálva megállapítható, hogy jelentős különbséget nem okozott. A primér dendritek és az eutektikum fázisainak morfológiája, finomsága megegyezik a két Sn esetében.

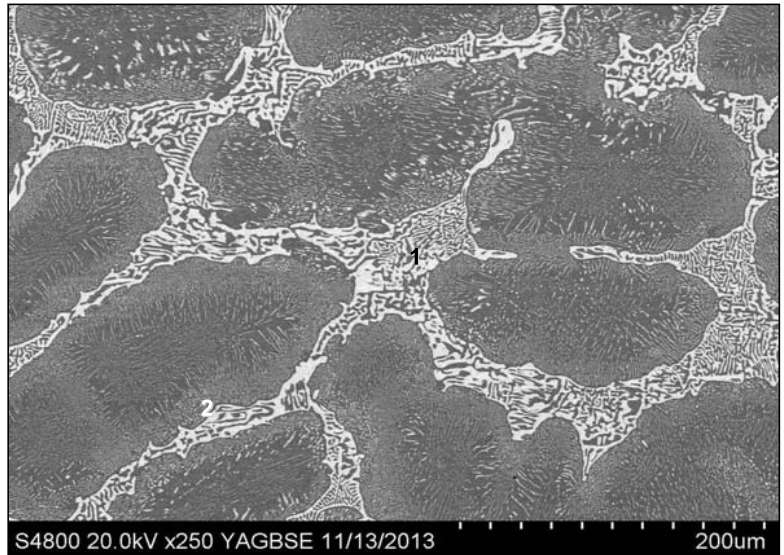
SEM-EDS-méréssel (Hitachi S-4800) ellenőriztük a fázisok összetételét és megállapítottuk, hogy a primér fázis gyakorlatilag 100% Sn-tartalmú. Az eutektikum két fázisa Sn és Bi, ahogy az egyensúlyi fázisdiagram alapján



■ 7. ábra. Ipari tisztaságú és nagy tisztaságú ónnal készült Sn-Bi ötvözetek szövetsképe



Elemzett terület	Atom%	
	Sn	Bi
1	-	100
2	100	-



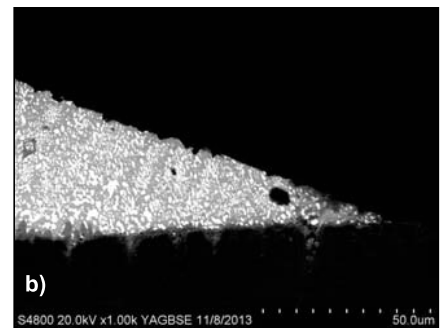
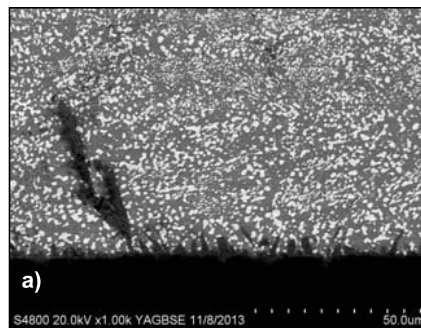
■ 8. ábra. Az Sn-Bi 2 ötvözet pásztázó elektronmikroszkópos felvétele és a fázisok EDS-elemzése

vártuk. A 8. ábra nagy nagyítású felvételén az apró, finom szemcséjű kiválások is megfigyelhetők a primér dendritekben. A szerkezet az eutektikus hőmérséklet alatt a szobahőmérsékletig hűlő ötvözetben a szilárd fázisból való kiválás szép példája. Mivel a β -Sn bizmutoldó-képessége csökken a hőmérséklet csökkenésével, finom szemcsék formájában kiválik. A kiválások elhelyezkedése a dendritok körvonalát követve sugárirányú. A mikrodúsulás jelensége is megfigyelhető ebben az esetben, hiszen a dendrit széle jól láthatóan gazdagabb Bi ötvözőben, mint a dendrit közepe.

Peremszög vizsgálata

Az Sn-Bi ötvözet peremszögét nyugvócsepp módszerrel vizsgáltuk. Ez azt jelenti, hogy réz szubsztrátra helyeztünk kis darab Sn-Bi ötvözetet, majd a forrasztóanyagra forrasztóvizet (DIN EN 29454) cseppentettünk, hogy a fémek oxidációját elkerüljük. A mintát 300 °C-ra előmelegített kemencébe helyeztük, majd a kísérleti hőmérsékleten tartottuk 2 percig. A mintákat beágyasztuk, majd a keresztmetszeti csiszolatukról SEM-felvételeket készítettünk (9. ábra). A mintákat ellenfényben fotóztuk, és az így kapott sziluett képeken meghatároztuk az egyes ötvözetek peremszögét, amelyet a 4. táblázatban foglaltunk össze.

A SEM-felvételeken jól látható, hogy a forrasztóanyag/réz határfelületen egy vegyületréteg alakult ki (9a



■ 9. ábra. A forrasztóanyag keresztmetszeti csiszolatáról készített SEM-felvétel

ábra). A határfelületen kialakuló vegyület az irodalommal összhangban az Sn_5Cu_6 intermetallikus fázis. A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a bizmut a forrasztóanyagban 2 perces hűtési tartás után is homogénen helyezkedik el, az Sn-Bi/Cu határfelületen nem tapasztaltunk bizmut dúsulást. A peremszög értékeket is figyelembe véve, azt mondhatjuk, hogy a bizmut az általunk vizsgált rendszerben nem határfelület-aktív, a peremszög értékekre a bizmut koncentrációjának nincs hatása az általunk vizsgált koncentrációtartományban. Kísérleteink során ipari tisztaságú és nagy tisztaságú ötvözeteket is használtunk, melyek viselkedésében nem tapasztaltunk különbséget.

5. Összefoglalás

Az eutektikus Sn-Pb forrasztóanyagok

4. táblázat. A különböző koncentrációjú Sn-Bi ötvözetek peremszöge réz felületen

Az Sn-Bi ötvözet összetétele	A mért peremszögek
70 t% Sn- 30 t% Bi	23,5°
55 t% Sn- 45 t% Bi	20°
50 t% Sn- 50 t% Bi	23,8°
42 t% Sn- 58 t% Bi	22°

kiváltásának egyik lehetséges ötvözet-típusa az Sn-Bi alapú ötvözetek. Különböző összetételű kétalkotós Sn-Bi ötvözeteket vizsgáltunk. Az ötvözetek elkészítéséhez kétféle tisztaságú ónt használtunk, ipari tisztaságú (99,8%) és nagy tisztaságú (99,998%) ónt ötvöztünk nagy tisztaságú bizmittal (99,5%). DSC-vizsgálattal meghatároztuk az ötvözetek olvadási és kristályosodási hőmérsékleteit, ill. a kristályosodás hőmérséklet-tartományát és idejét. Az ónt tisztaságának hatását is vizsgáltuk, de nem találtunk eltérést a kétféle ónból készült ötvözetek termikus tulajdonságai között.

A szövetszerkezet jelentősen változik a bizmuttartalom növekedésével. Csökken a priméren kristályosodó ón dendritfázis mennyisége, ahogy haladunk az eutektikus összetétel felé. A SEM-vizsgálattal Sn és Bi fázisokat azonosítottunk.

Az ötvözetek nedvesítését nyugvócsepp módszerrel vizsgáltuk. A peremszögek értéke 20–24° között változik, és független a Bi-tartalomtól és az Sn tisztaságától. A szubsztrát és az ötvözet között Sn₅Cu₆ intermetallikus vegyületfázis keletkezett, amely összhangban van az irodalmi adatokkal.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-

0001 projekt eredményeire alapozva a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0019 jelű projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. Köszönetünket fejezzük ki a Metalloglobus Fémöntő és Kereskedelmi Kft.-nek a vizsgálatokhoz biztosított alapanyagokért.

Irodalom

- [1] Bódi Béla: Autótechnika 1 (2004) 26–27.
- [2] F. Hua – Z. Mei – J. Glazer – A. Lavagnino: Production Generation Solution – Hewlett Packard Company
- [3] J. Li – Z. Yuan – Z. Qiao – J. Fan – Y. Xu – J. Ke: Journal of Colloid

and Interface Science 297 (2006) 261–265.

- [4] W. R. Osório – L. C. Peixoto – L. R. Garcia – N. Manginck-Noel – A. Garcia: Journal of Alloys and Compounds 572 (2013) 97–106.
- [5] Hui-Wei Miao – Jenq-Gong Duh: Materials Chemistry and Physics 71 (2001) 255–271.
- [6] J.-W. Yoon – C.-B. Lee – S.-B. Jung: Materials Transactions Vol. 43, No. 8 (2002) 1821–1826.
- [7] J. F. Li – S. H. Mannan – M. P. Clode – H. M. Lobato – C. Liu – D. C. Whalley – F. T. Lawrence – G. Jackson – H. Steen: Electronic Components and Technology Conference (2005) 441–448.
- [8] J. F. Li – S. H. Mannan – M. P. Clode – D. C. Whalley – D. A. Hutt: Acta Materialia 54 (2006) 2907–2922.

GYENES ANETT – LANSZKI PÉTER – NAGY ERZSÉBET – GÁCSI ZOLTÁN

Nikkelrel mikroötvözött Sn-0,7Cu ólommentes forraszanyagok vizsgálata

Az Európai Unió által bevezetett direktívák következtében a forrasztási technológia során hagyományosan alkalmazott Sn-Pb forraszanyagokról az elektronikai iparnak fokozatosan át kell állnia az ólommentes forrasztóvözetek használatára, ami azok folyamatos fejlesztését teszi szükségessé. Kutatómunkánk során a nikkel, mint mikroötvöző (5, 200, 400, 800, 1800 ppm) hatását vizsgáltuk az Sn-0,7Cu ólommentes forraszanyag szövetszerkezetére, mechanikai tulajdonságaira (R_m , $R_{p0,2}$, ϵ , HV) és az ötvözetben megjelenő Cu₆Sn₅ intermetallikus vegyületre. A nikkel már kis mennyiségben történő adagolása jelentős hatást gyakorol az Sn-0,7Cu forraszanyag szövetszerkezetére és mechanikai tulajdonságaira, a kezdetben hipoeutektikus ötvözetet az eutektikuson át hipereutektikussá változtatja. Jelen kísérlet eredményei alapján az Sn-0,7Cu ötvözet 800 ppm Ni-tartalomnál éri el a teljesen eutektikus összetételt, az ekkor kialakuló szálás szövetszerkezet a forraszanyag maximális szakítószilárdságát eredményezi.

1. Bevezetés

Az Európai Unió által egészség- és környezetvédelmi okokból bevezetett veszélyes anyagok korlátozásáról szóló RoHS (Restriction of Hazardous Substances), illetve az elektromos és elektronikus berendezések hulladékainak kezeléséről szóló WEEE (Waste of Electrical and

Electronic Equipment) direktívák korlátozzák a toxikus ólom használatát, ami a piaci szereplőket arra kötelezi, hogy egyre környezetbarátabb elektronikai termékeket gyártsanak. Ebből kifolyólag a forrasztási technológia során hagyományosan alkalmazott ón-ólom forrasztóvözetekről az elektronikai, illetve járműiparnak fokozatosan át kell állnia az ólom-

mentes forrasztóvözetek használatára [1, 2].

Az ipari gyakorlatban a legelterjedtebb ólommentes forraszanyagok az Sn-Ag-Cu alapú ötvözetek, azonban ezek sem tudják tökéletesen helyettesíteni a már jól bevált ólomtartalmú forraszanyagokat, amelynek oka többek között, hogy nagyobb olvadásponttal rendelkeznek és jelentősen drágábbak [2]. Ebből következően egyre újabb és újabb ötvözetek fejlesztésére van szükség. A közel eutektikus összetételű Sn-0,7Cu ólommentes forrasztóvözet ígéretes szelektív forraszanyag alternatívának bizonyul, főképpen kedvezőbb ára miatt, azonban az Ag-tartalmú forraszanyagokhoz képest nagyobb olvadásponttal, valamint némileg gyengébb mechanikai és nedvesíthetőségi tulajdonságokkal rendelkezik. Különböző fémek kismértékű adagolásával viszont javíthatók ezek a tulajdonságok. Az egyik ilyen ötvözőelem a nikkel, amely már 500-600 ppm mennyiségben adagolva is