

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

Kohászat

MISKOLCI EGYETEM FORR-ÁSZ PROJEKT
TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0019

Anyagtudomány

Felsőoktatás

Hírmondó

148. évfolyam

2015/3. szám



Jó szerencsét!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

TARTALOM

- 1** **Gácsi Z. – Batta B.:** Környezetbiztonságos forrasztóanyagok anyagtudományi alapon történő fejlesztése primer- és másodnyersanyagokból a járműipar számára
- 2** **Benke M. – Sályi Zs.:** Szelektív forrasztószerszámok tönkremeneteli mechanizmusa
- 4** **Simon A. – Géber R. – Lipusz D. – Gácsi Z.:** Rézmátrixú kompozitok jellemzése, kísérleti előállítása
- 9** **Gyöker Z. – Terjék A. – Gyenes A. – Gácsi Z.:** Az ezüst és a réz hatása az Sn-Ag-Cu forrasztóanyagok szövetszerkezetére és mechanikai tulajdonságaira
- 14** **Téglás N. – Gyenes A. – Nagy E. – Gácsi Z.:** Többalkotós Sn-Ag-Cu alapú ólommentes forrasztóanyagok vizsgálata
- 18** **Baumli P.:** A keményforrasztás alapanyagai
- 22** **Kékesi T.:** Ólommentes forrasztási ónhulladék teljes feldolgozása rugalmas és környezetbarát módszerrel
- 29** **Lassú G. – Török T.:** Kísérleti lehetőségek egy újszerű analitikai módszerrel a tűzzománc-acél mennyiségi mélységprofil-elemzésére, és az eljárás elvi alapjai
- 33** **Rontó V. – Tranta F. – Svéda M. – Roósz A.:** Hozzáadott cink hatása az Sn-Bi forrasztóötvözet szerkezetére és kristályosodási tulajdonságaira
- 38** **Szabó G. – Mertinger V. – Zupkó I. – Mikó T. – Roósz A.:** Meleghengerléssel plattírozott többretegű alumíniumlemezek technológiai vizsgálata
- 41** A 2015/3. szám szerzőinek szakmai életrajza

Anyagtudomány

- 43** **Mekler Cs. – Baranyai V. – Dezső A. – Trampus P. – Kresz N. – Kaptay Gy.:** A szemcsehatár-energia, a szemcsehatár-szegregáció és a szemcsehatár-átalakulás modelljezése többkomponensű ötvözetekben

Felsőoktatás

- 50** **Beszélgetés prof. dr. Kékesi Tamással**
- 52** Beszámoló a XXXII. Országos Tudományos Diákköri Konferenciáról

Hírmondó

- 56** 100 éve született Óvári Antal. Tisztesség és tisztelet
- 57** 120 éve született az ajkai timföldgyár és alumíniumkohó építője
- 58** Egyesületi hírek
- 60** MÖSZ-hír
- 65** Köszöntések
- 66** Nekrológok

Ötészet rovatunkat az 1950-ben indított és 1991-ben megszűnt önálló szaklap, a BKL Ötöde utódjának tekintjük.

FROM THE CONTENT

Benke M. – Sályi Zs.: Degradation mechanism of selective soldering tools 2
The soldering tool is in direct contact with the molten solder alloy. The soldering tools are typically made from ferrous alloys, or high purity Armco iron. Today's solder alloys are tin-based alloys which are highly reactive and solve the iron atoms from the soldering tools. This process leads to the erosion degradation of the soldering tools, which requires the halt of the soldering line and the replacement of the soldering tool. The erosion process can be inhibited through the composition modification of the solder melt. However, for most cases, the composition of the solder melt is strictly regulated, leading to the need for the development of soldering tools with enhanced lifetime against erosion.

Simon A. – Géber R. – Lipusz D. – Gácsi Z.: Characterization and experimental producing of copper matrix composites 4
The improvement of properties of conventional materials is possible with the use of another coupling materials. The application of these kind of composite material systems can be observed in many areas of industry (e.g. manufacturing of electronic parts). In this article the Authors review the main properties of metal matrix composites, as well as manufacturing methods, main properties and applications of copper matrix composites. During their research work copper matrix composites reinforced with SiC particles were produced and some results of their investigations were presented.

Gyöker Z. – Terjék A. – Gyenes A. – Gácsi Zoltán: Effects of silver and copper on the microstructure and mechanical properties of Sn-Ag-Cu solders 9
After the switch to lead-free solders Sn-Ag-Cu (SAC) alloys have been proved to be the most sufficient solders among the current alternative ones in the terms of replacing lead-containing solders. One of the most common SAC solders is the SAC305 alloy which contains 3 wt% Ag and 0.5 wt% Cu. This paper investigates the effects of Ag and Cu on the microstructure and the mechanical properties of Sn-Ag-Cu lead-free solders via alloys with five different compositions. Light and scanning electron microscopy with microprobe analysis were used to describe the effects of the alloying elements on the microstructure. Further-more tensile tests and hardness measurements were applied to determine the mechanical properties (UTS, YS, HV and elongation).

Téglás N. – Gyenes A. – Nagy E. – Gácsi Z.: Investigation of multicomponent Sn-Ag-Cu based lead free solders 14
According to the directives adopted by the European Union, lead has been banned from the manufacturing processes because of its health and environmental hazards. Therefore the development of lead-free solder has started up. This paper investigates multicomponent Sn-Ag-Cu based lead-free solders with different compositions. The properties of the Innolot and two low-Ag solders were compared with the widespread SAC305 in the industrial practise. Microstructure investigation and X-ray diffraction measurements were performed to identify the formed phases, furthermore tensile tests and hardness measurements were executed to determine the mechanical properties.

Baumli P.: Base materials of brazing 18
Brazing is a joining process (above 450 °C) in which two or more items are joined together by melting a filler metal. The filler metals have lower melting point than the brazed parts. Irresolvable bonding between metal and metal, ceramic and ceramic or ceramic and metal can be made by brazing. The quality of joining largely depends on the correct composition of the filler material. Most widely used types of filler metals are copper and its alloys, nickel and its alloys, as well as pure silver and silver-based alloys furthermore aluminium, magnesium, zinc or titanium-based filler can be applied. The results of research on brazing and joining are summarised in this review.

Kékesi T.: Complex processing of lead-free soldering waste by a flexible and environment friendly method 22
The significant amount of the waste material arising from the application of the most common SAC-type lead-free soldering tin alloys, containing Ag and Cu, can be processed practically free of any emission by a multi-step method based on an aqueous electrorefining step. The first step is the melting of the heterogeneous waste material skimmed from the soldering bath, which serves the melt to be cast into cooled molds to form the anodes. The oxide dross here separated can be subjected to a carbothermic reduction to yield finely dispersed tin, soluble in hot hydrochloric acid. This may be used for the preparation of the electrolyte solution. The properly controlled refining electrolysis can produce high purity tin at the cathode, while silver and copper is concentrated in the slime layer arising at the surface of the anode. The Sn, Cu and Ag content of the slime can be dissolved selectively by consecutive leaching steps using hot hydrochloric and nitric acid solutions. Pure tin can be extracted from the chloride solution after removing copper by cementation, followed by silver chloride precipitation from the nitrate solution. This method, developed at the laboratory scale can be operated economically on a low capacity as well, as no sophisticated equipment needs to be invested and no expensive materials or considerable electric energy are required. The negligible amount of the technological residue is practically tin dioxide, which can be recycled to the melting step.

Lassú G. – Török T.: Application possibilities and the principle of a novel analytical technique for compositional depth profile measurement of the steel-enamel interface 29
In this paper we publish the principle of elemental /quantitative depth profile analysis of the steel-enamel interface and the methodological development which leads to this possibility. In our previous paper [1] we showed how powerful the analytical technique GD-OES is for analyzing the entire enamel coating and the interface region (which is very important from the aspects of bonding). In that article we presented only qualitative depth profiles, because we were unable to commence the full calibration procedure due to lacking the proper reference standard samples. By now and in collaboration with the TOBIZO Co. eventually we could prepare some quasi-standards and we can use them for quantitative calibration. The quantified depth profiles then will supply extra information compared to the qualitative ones, i.e. not only the trends but the exact compositional conditions can be determined in the whole depth of such coatings as well.

Continued on page 64.

- **Szerkesztőség:** 1051 Budapest, Október 6. utca 7., III. em. • **Telefon:** 06-1-201-7337 •
- **E-mail:** bkl.kohaszat@gmail.com •
- **Felelős szerkesztő:** Balázs Tamás •

• **A szerkesztőség tagjai:** dr. Buzáné dr. Dénes Margit, dr. Klug Ottó, dr. Kórodi István, Lengyelé Kiss Katalin, Schudich Anna, Szabados Ottó, Szende György, dr. Tardy Pál, dr. Török Tamás •

- **Kiadó:** Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület • **Felelős kiadó:** dr. Nagy Lajos •
- **Nyomja:** Press+Print Kft. 2340 Kiskunlacháza, Gábor Áron u. 2/a • **HU ISSN 0005-5670 •**

Belső tájékoztatásra, kereskedelmi forgalomba nem kerül. • A közölt cikkek fordítása, utánnomása, sokszorosítása és adatrendszerekben való tárolása kizárólag a kiadó engedélyével történhet. •

Internetcím: www.ombkenet.hu/bkl/kohaszat.html

Többszörös Sn-Ag-Cu alapú ólommentes forrasztóanyagok vizsgálata

Az Európai Unió által bevezetett direktívák szerint az ólomot egészségkárosító és környezetszennyező hatása miatt betiltották a gyártási folyamatokban, ezért megindult az ólommentes forrasztóanyagok fejlesztése. Cikkünkben különböző összetételű, többszörös Sn-Ag-Cu alapú ólommentes forrasztóanyagokat vizsgáltunk. A hirtelen Innot forrasztóanyag és két csökkentett ezüsttartalmú ötvözet tulajdonságait hasonlítottuk össze az ipari gyakorlatban széles körben elterjedt SAC305 ötvözetével. A forrasztóötvözeteken szövetszerkezet- és röntgendiffrakciós vizsgálatokat végeztünk a létrejött fázisok azonosításához, valamint szakítóvizsgálat és keménységmérés történt a mechanikai tulajdonságok meghatározásához.

1. Bevezetés

A forrasztóanyagok gyártásánál fontos szempont, hogy alkalmazásuk milyen mértékben szennyezi a környezetet és ezáltal károsítja az egészségünket. Környezetvédelmi okokból az Európai Unió az alábbi direktívákat vezette be: WEEE = Waste Electrical and Electronic Equipment (az elektromos és elektronikus berendezések hulladékainak kezelése) és RoHS = Restriction of Certain Hazardous Substances (az ismert veszélyes nyersanyagok felhasználásának korlátozása). Ezen direktívák szabályozzák az elektromos és elektronikus készülékekben felhasznált veszélyes anyagokat, többek között az ólomot, melynek értelmében az elektronikai iparnak fokozatosan át kell állnia az ólommentes forrasztóötvözetek használatára az ón-ólom forrasztóanyagok helyett [1, 2].

Az Sn-Ag-Cu (SAC) alapú ötvözetek az iparban a legelterjedtebb forrasztóanyagok. Azonban ezek az ötvözetek sem tudják tökéletesen helyettesíteni a már jól bevált ólomtartalmú forrasztóanyagokat. Ez indokolja az újabb ötvözetek fejlesztését [3]. Kutatómunkánk során az iparban leggyakrabban használt forrasztóötvözetek

közül a SAC305 és egy új hirtelen Innot elnevezésű (általunk „SAC387+BiSbNi” jelöléssel ellátott) forrasztóanyagot, valamint két, az iparban még kevésbé alkalmazott csökkentett ezüsttartalmú ötvözetet vizsgáltunk, amelyek névleges kémiai összetétele az 1. táblázatban látható.

Az Innot (továbbiakban SAC387+BiSbNi) elnevezésű forrasztóanyag a széles körben elterjedt SAC ötvözet továbbfejlesztett változata. Amint az 1. táblázatból is látható, a SAC-rendszerhez további ötvözőelemeket – bizmutot, antimont és nikkelt – adagoltak, hogy javítsanak az ötvözet mechanikai tulajdonságain. A bizmut egy része és az antimon szilárd oldatos formában, míg a nikkelt intermetallikus vegyületfázisok létrehozásával növeli a forrasztóanyag szilárdságát [4].

A SAC305 és a SAC387+BiSbNi forrasztóanyagok nagy ezüsttartalmuk miatt jelentősen drágítják ezen ötvözetek előállítását, ezért a gyártók olyan forrasztóanyagok fejlesztésén is dolgoznak, melyek a lehető legkevesebb ezüstöt tartalmazzák [2, 5]. Erre láthatunk példát az 1. táblázatban szereplő utolsó két ötvözet esetén, melyek mindössze 0,3, illetve 0,7

tömeg% ezüstöt tartalmaznak.

Az elvégzett vizsgálatok célja volt egyrészt összehasonlítani a SAC305 ötvözetet a SAC387+BiSbNi ötvözetel, másrészt megvizsgálni, hogy az ezüsttartalom csökkentése milyen hatással van a forrasztóanyag mechanikai és szövetszerkezeti tulajdonságaira.

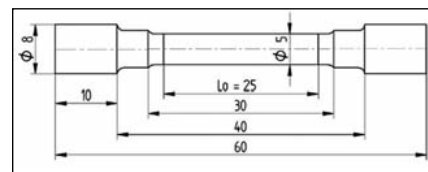
2. A kísérlet és a vizsgálatok bemutatása

A próbatetek előállításához szükséges tömbi forrasztóötvözeteket (1. táblázat) a Henkel Magyarország Kft. biztosította számunkra. A tömbi forrasztóanyagokat egy ellenállás-fűtésű kemencébe helyezett kerámiategelyben 400 °C-on olvasztottuk meg. Az olvadékat 15 perces hűtést követően 200 °C-ra előmelegített acélkokillába öntöttük. A forrasztóanyag megszilárdulását követően a kokillát szétszedtük és eltávolítottuk a próbateteket. A szakítóvizsgálatokhoz ötvözetenként öt szakítópálcát öntöttünk, míg a röntgendiffrakciós vizsgálatokhoz egy érempróbát. [6]

A szövetszerkezet-vizsgálatokhoz a hengeres, 11 mm átmérőjű előtermékből vágunk le mintákat, melyeket kétkomponensű Duracryl típusú hideg műgyantába ágyaztunk. A szövetszerkezet-vizsgálatokhoz Zeiss AxioVision Imager m1M típusú fénymikroszkópot és Zeiss EVO MA10 típusú pásztázó elektronmikroszkópot (SEM), illetve EDAX típusú mikroszondát (EDX) használtunk. A fénymikroszkópos vizsgálatokhoz a csiszolatok előkészítése három fő lépésből áll: vizes csiszolás (P240, P320, P500, P800, P1200, P2000, P2400 csiszolópapírokon); majd polírozás MD Mol és MD Nap

1. táblázat. A vizsgált ötvözetek névleges kémiai összetétele tömeg%-ban

Ötvözet	Ag	Cu	Bi	Sb	Ni	Sn
SAC305	3,0	0,5	-	-	-	96,5
SAC387+BiSbNi	3,8	0,7	3	1,4	0,15	90,95
SAC0307+BiSbNi	0,3	0,7	3	1,5	0,15	94,35
SAC0807+Bi	0,8	0,7	3	-	-	95,5



1. ábra. A szakítópróbatest műszaki rajza

típusú posztókon Lubricant Blue folyadékkel; végezetül még egy polírozás 0,02 µm-es SiO₂-részecskéket tartalmazó kolloiddal [6]. Az elektronmikroszkópos vizsgálathoz további marásra is szükség volt, melyet 38%-os HF gőzében 30 s-ig végeztünk el.

A fázisok azonosítása céljából Phillips 1830 típusú berendezéssel röntgendiffrakciós vizsgálatot végeztünk.

Az öntés során előállított hengeres mintákból az 1. ábrán látható, DIN EN 50125 szabványnak megfelelő szakítópróbatesteket munkáltattunk ki. A szakítóvizsgálatot Instron 5982 típusú, 10 tonnás, padlótelepítésű univerzális anyagvizsgáló berendezéssel végeztük el. A szakítások szobahőmérsékleten, 3 mm/perc szakítási sebességgel történtek, amely 10⁻³ s⁻¹ alakváltozási sebességnek felel meg.

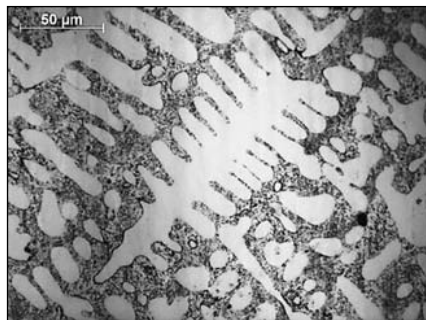
A szövetszerkezet-vizsgálathoz használt mintákon Vickers (HV) keménységméréseket végeztünk, 0,3 kg terhelőerőt és 10 s terhelési időt alkalmazva. A vizsgálathoz Instron Tukon 2100 B keménységmérő berendezést használtunk. Minden minta esetén 10 párhuzamos mérést végeztünk.

3. Eredmények

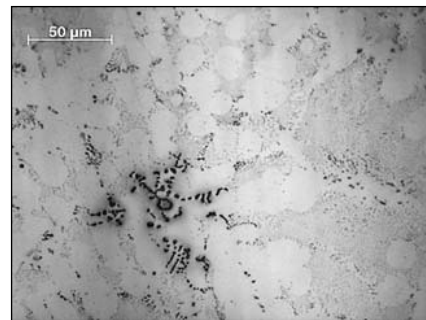
3.1. Szövetszerkezet-vizsgálati eredmények

A 2. ábrán a vizsgált ötvözetekről készült fénymikroszkópos felvételek láthatóak. A SAC305, a SAC387+BiSbNi és a SAC0807+Bi ötvözetek hipoeutektikus szövetszerkezetet mutatnak β-Sn szilárd oldat dendritekkel és az egyes ötvözetek összetételétől függő különböző arányú és minőségű eutektikumokkal.

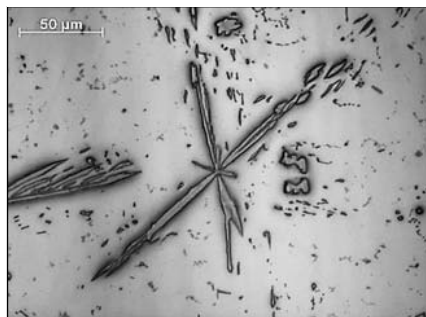
A SAC0307+BiSbNi ötvözet szövetszerkezetét látszik, mely nagyméretű primer (Cu,Ni)₆Sn₅ intermetallikus vegyület-fázisokat és különböző – feltehetően elfajult – eutektikumokat tartalmaz. Ezen ötvözet esetén jól látható, hogy az ezüsttartalom ilyen mértékű csökkentése a forrasztóanyag szövetszerkezetében jelentős változást okoz. A megjelenő nagyméretű primer (Cu,Ni)₆Sn₅ intermetallikus vegyület-fázis forraszthatósági szempontból nagyon káros, illetve rontja a forrasztókötés mechanikai tulajdonságait, ezért alkalmazása kerülendő [6].



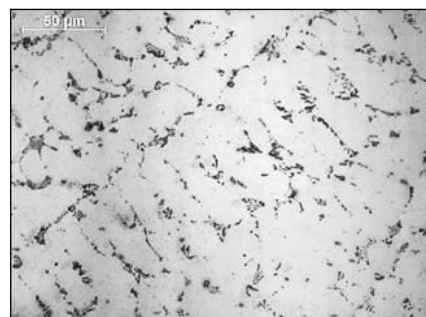
a) SAC305



b) SAC387+BiSbNi



c) SAC0307+BiSbNi



d) SAC0807+Bi

■ 2. ábra. A vizsgált ötvözetekről készült fénymikroszkópos felvételek (az eredeti nagyítás: 500x)

2. táblázat. A vizsgált ötvözetek mechanikai tulajdonságai

Ötvözet	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	Nyúlás [%]	HV0,3
SAC305	39,03 ± 1,47	46,54 ± 1,29	35,59 ± 4,79	15,7 ± 0,5
SAC387+BiSbNi	62,72 ± 1,76	88,68 ± 3,82	17,09 ± 2,61	31,4 ± 0,7
SAC0307+BiSbNi	52,26 ± 1,05	75,62 ± 4,48	7,48 ± 2,64	32,2 ± 0,7
SAC0807+Bi	44,34 ± 0,95	65,07 ± 0,64	12,50 ± 2,42	30,0 ± 2,1

A 3. ábrán az egyes ötvözetekről készült pásztázó elektronmikroszkópos BSE (back-scattered electron, visszaszórt elektron) felvételek, valamint a mikroszondával elemzett fázisok, illetve szövetelemek kémiai összetétele látható. Ez alapján megállapítható, hogy a SAC305-ös ötvözet szövetszerkezete β-Sn szilárd oldatból, valamint ezüstöt és rezet tartalmazó, nagyon finom eutektikus szövetelemből áll.

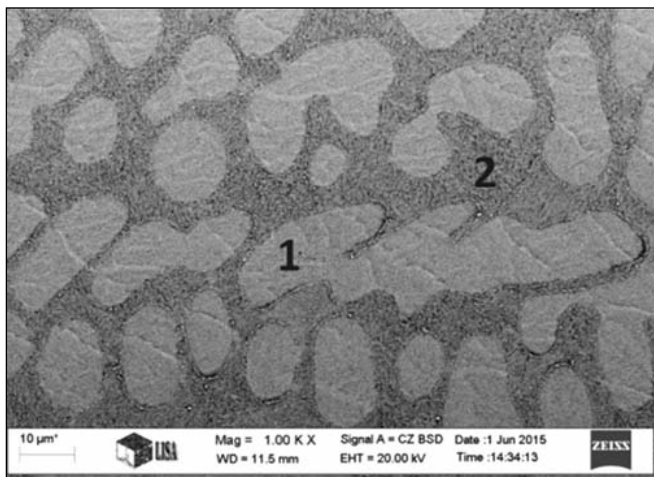
A további három vizsgált ötvözet esetén a 3 tömeg% Bi-tartalomnak köszönhetően a szövetben megjelenik a bizmutot is tartalmazó eutektikum. A (Bi) szilárd oldat az elektronmikroszkópos felvételeken jól látható, ami a nagy rendszáma miatt fehéren világító fázisként jelenik meg, azonban a fénymikroszkópos felvételeken már kevésbé különíthető el a többi fázistól. A nagyobb nagyítású SEM-felvételeken már jobban láthatók és elkülöníthetők az eutektikum egyes fázisai is, a β-Sn szilárd oldat,

az Ag₃Sn és a (Cu,Ni)₆Sn₅ vegyület-fázisok. Az ezüsttartalom jelentős csökkenésének hatására a SACX0307+BiSbNi ötvözet szövetszerkezetében nagyméretű primer (Cu,Ni)₆Sn₅ intermetallikus fázisok jelennek meg.

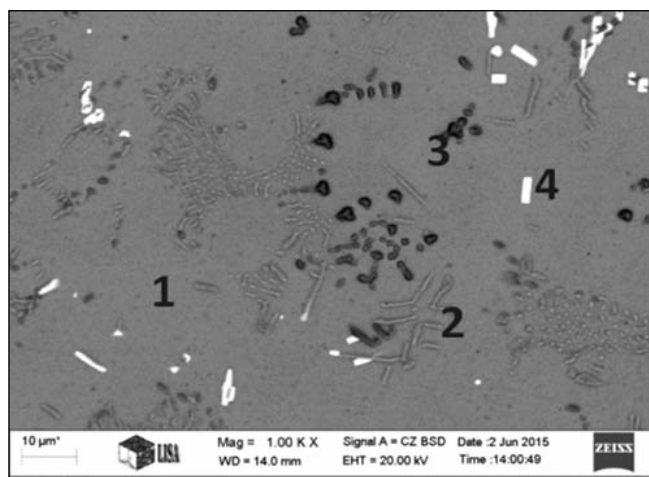
3.2. Röntgendiffrakciós mérési eredmények

A 4. ábrán láthatók a vizsgált ötvözetek diffraktogramjai. A diffraktogramokon a nagy intenzitásértékkel rendelkező jelöletlen reflexiók a β-Sn fázishoz tartoznak, míg az egyes vegyületfázisok reflexióit a nevükkel megjelölve azonosítottuk. Az Ag₃Sn fázis reflexiói 35, 38, 40, 52, 69, 75, 76°-nál jelennek meg; a Cu₆Sn₅ fázis csúcsai 43 és 60°-nál találhatóak, míg a bizmutfázis reflexiói 28 és 38°-nál detektálhatóak.

Mindegyik ötvözetben azonosítottuk az Ag₃Sn és a Cu₆Sn₅ fázist, míg a Ni-tartalmú mintáknál a (Cu, Ni)₆Sn₅



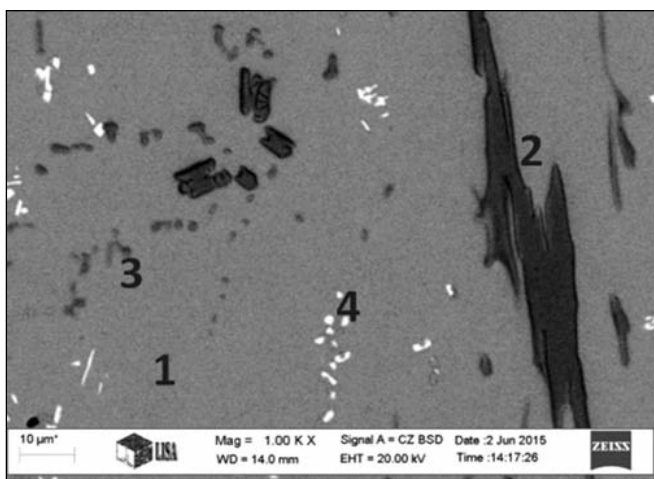
a) SAC305



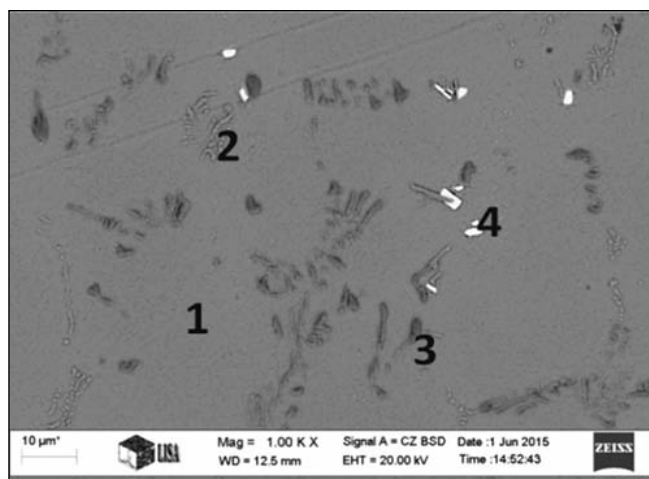
b) SAC387+BiSbNi

Elem	Elemzett fázis/szövetelem	
	1	2
	β -Sn	(β -Sn+ Ag ₃ Sn+Cu ₆ Sn ₅)
Sn	99,50	87,85
Ag	0,50	7,48
Cu	-	4,67

Elem	Elemzett fázis			
	1	2	3	4
	β -Sn	Ag ₃ Sn	(Cu,Ni) ₆ Sn ₅	(Bi)
Sn	95,05	30,93	51,58	15,13
Ag	0,25	66,33	-	-
Cu	-	2,74	41,19	-
Bi	2,89	-	-	84,87
Sb	1,81	-	-	-
Ni	-	-	7,23	-



c) SAC0307+BiSbNi



d) SACX0807+Bi

Elem	Elemzett fázis			
	1	2	3	4
	β -Sn	(Cu,Ni) ₆ Sn ₅	(Bi)	
Sn	94,25	46,78	61,89	46
Cu	-	45,41	36,03	-
Bi	2,76	-	-	54
Sb	2,99	-	-	-
Ni	-	7,81	2,08	-

Elem	Elemzett fázis			
	1	2	3	4
	β -Sn	Ag ₃ Sn	Cu ₆ Sn ₅	(Bi)
Sn	96,09	49,35	71,17	34,02
Ag	0,65	50,65	-	-
Cu	1,12	-	28,83	-
Bi	2,14	-	-	65,98

■ 3. ábra. A vizsgált ötvözetekről készült SEM-felvételek és a mikroszondával elemzett fázisok, illetve szövetelemek kémiai összetétele atom%-ban

fázist. A SAC305 és a SAC387+BiSbNi ötvözetek esetén az Ag₃Sn fázis nagyobb intenzitású reflexiókat mutat,

míg a SAC0307+BiSbNi és a SAC0807+Bi ötvözetek esetében kisebbek a reflexiók. A Cu₆Sn₅ vegyü-

letfázis reflexiói mind a négy ötvözet esetében hasonló intenzitásúak. A bizmutfázis a SAC305 ötvözet kivételé-

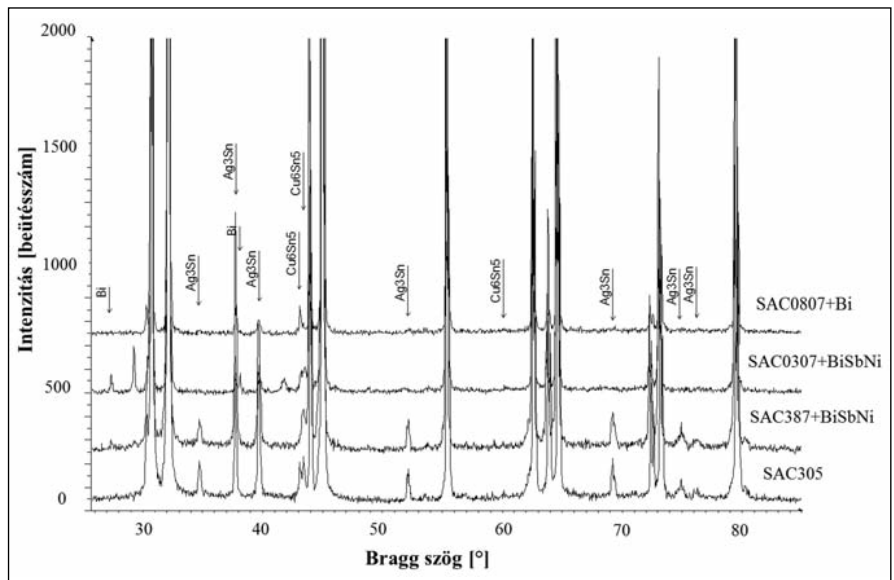
vel a vizsgált ötvözetekben jelen van. A 3% körüli ezüsttartalmú SAC305 és az SAC387+BiSbNi ötvözet diffraktogramjain az egyes reflexiók hasonló jellegű intenzitásképet mutatnak. A SAC0307+BiSbNi ötvözet összetétele jelentősen eltér az említett két ötvözettől, amely a diffraktogram jellegének változásában is követhető: kisebb vegyületefázis-reflexiók és megerősödő bizmutcsúcsok. A csökkentett ezüsttartalmú SAC0307+BiSbNi és a SAC0807+Bi ötvözetek diffraktogramjain szintén hasonlóan alakul az egyes csúcsok intenzitásképe.

3.3. Mechanikai vizsgálati eredmények

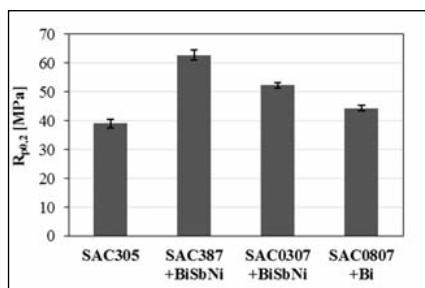
A 2. táblázat tartalmazza a szakítóvizsgálat és a keménységmérés eredményeit. Az 5–8. ábrákon látható az egyes ötvözetek folyáshatár, szakítószilárdság, nyúlás és keménység értékeinek változása. Az ötvözők hatására a SAC387+BiSbNi ötvözetnek kb. kétszer akkora a szakítószilárdsága, folyáshatára és a keménysége, mint a SAC305-ös ötvözetnek, nyúlása ugyanakkor fele annak. A csökkentett ezüsttartalmú ötvözetek szakítószilárdság és folyáshatár értékei a SAC305 és a SAC387+BiSbNi ötvözetek eredményei között helyezkednek el, melyek közül a SAC0807+Bi hipoeutektikus ötvözet kisebb szakítószilárdság és folyáshatár értékekkel, valamint nagyobb nyúlással rendelkezik, mint a hiper-eutektikus SAC0307+BiSbNi ötvözet. A vizsgált ötvözetek közül a legkisebb nyúlása a SAC0307+BiSbNi ötvözetnek van (7. ábra).

A 9. ábrán a vizsgált ötvözetek egy-egy jellemző szakítódigramja szerepel, amely jól szemlélteti a húzó igénybevétellel szembeni eltérő viselkedést. Az ezüsttartalom nagymértékű csökkentése okozta negatív hatás jól látható az egyes forraszanyagok mechanikai tulajdonságainak változásában.

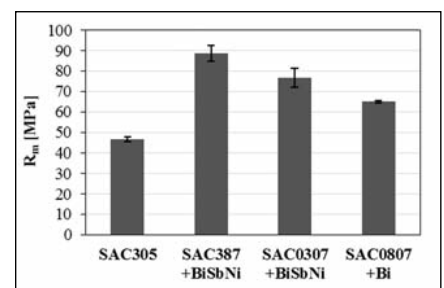
A keménységmérés eredményei a csökkentett ezüsttartalmú ötvözetek esetén kb. azonosak a SAC387+BiSbNi ötvözetével, ami a szakítószilárdság és folyáshatár értékekhez képest azonban eltérést jelent.



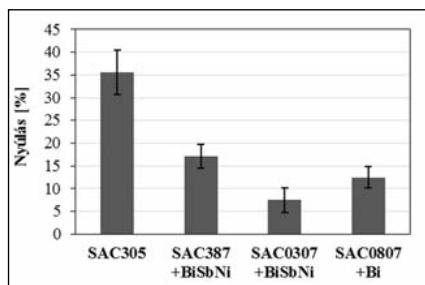
4. ábra. A vizsgált ötvözetek diffraktogramjai



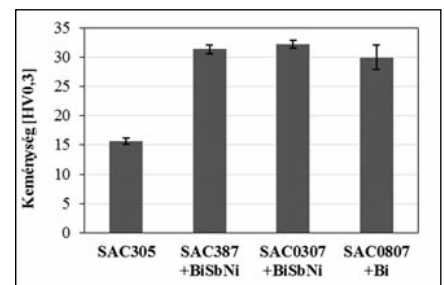
5. ábra. A vizsgált ötvözetek folyáshatár értékei



6. ábra. A vizsgált ötvözetek szakítószilárdság értékei



7. ábra. A vizsgált ötvözetek nyúlás értékei



8. ábra. A vizsgált ötvözetek keménység értékei

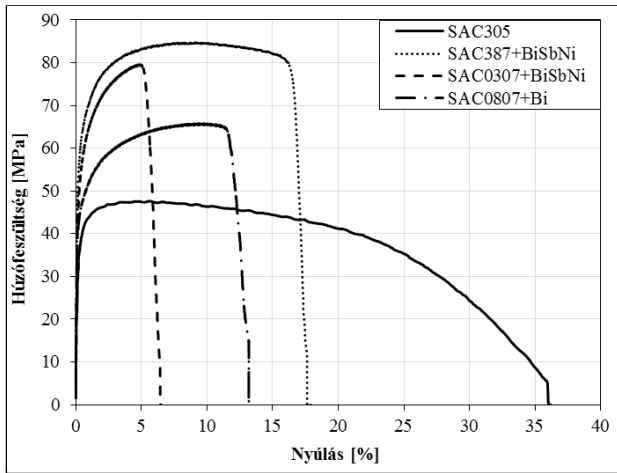
4. Összefoglalás

Kutatómunkánk során többalkotós, ólommentes Sn-Ag-Cu alapú forraszó ötvözetek szövetszerkezeti és mechanikai tulajdonságait vizsgáltuk. Az elvégzett vizsgálatok alapján a következő megállapítások tehetők:

1. A szövetszerkezeti és a röntgen-diffrakciós vizsgálatok alapján elmondható, hogy a SAC305 és a SAC387+BiSbNi ötvözetekben a nagyobb ezüsttartalom hatására nagyobb mennyiségű vegyületefázis alakul ki.

A SAC305 ötvözet kivételével a bizmut szilárd oldat a szövetszerkezetben eutektikus fázisként jelenik meg. A SAC0307+BiSbNi ötvözetben primer formában is jelen van a $(Cu,Ni)_6Sn_5$ vegyületefázis. Ez forraszthatósági szempontból nagyon káros, illetve rontja a forraszkötés mechanikai tulajdonságait, ezért alkalmazásuk kerülendő.

2. A mechanikai vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a SAC387+BiSbNi ötvözetnek körülbelül két-



■ 9. ábra. A vizsgált ötvözetek jellemző szakítódíagramjai

szer akkora a szakítószilárdsága, folyáshatára és a keménysége, nyúlása pedig fele, mint a SAC305 ötvözetnek. A SAC0307+BiSbNi és a SAC0807+Bi ötvözetek szakítószilárdság értékei a SAC305 és a SAC387+BiSbNi ötvözetek eredményei között található, míg a SAC0307+BiSbNi ötvözet nyúlása a legkisebb. Ezen különbségek a szövetszerkezetben is látható eltérésekből adódnak, illetve feltehetően a különböző vegyületfázisok és a bizmut együttes szilárdságnövelő hatásának tudhatók be.

Az elvégzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy ha nagy szilárdságú forrasztásra van szükségünk, akkor célszerű a SAC387+BiSbNi

költségcsökkentés érhető el.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani mindenkinek, aki lehetővé tette munkánkat, segítette feladatunk végrehajtását. Külön köszönettel tartozunk *Kissné dr. Svéda Máriának* és *dr. Sycheva Annának* a pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokért, valamint *Mikó Tamásnak* a szakítóvizsgálatok elvégzéséért. Továbbá köszönet illeti a Henkel Magyarország Kft.-t a forrasztóötvözetek biztosításáért.

A 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

(Innot) ötvözetet alkalmazni, ha azonban nagyobb nyúlású forrasztóanyag kívánatos, akkor ajánlott a SAC305 forrasztóötvözet használata. Abban az esetben, ha nem kritérium a nagy szilárdság vagy a nagymértékű nyúlás, akkor figyelembe véve a gazdasági szempontokat, a SAC0807+Bi forrasztóötvözet alkalmazásával jelentős

részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Dr. Nagy Erzsébet publikációját megalapozó kutatása a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- [1] <http://eur-lex.europa.eu>. (2015.04.20.)
- [2] *H. Ma, J. C. Suhling*: J. Mater Sci. 44 (2009) pp. 1141–1158.
- [3] *J. H. L. Pang*: Lead Free Solder, Mechanics and Reliability, Springer (2012)
- [4] *H. Steen, B. Toleno*: Development of a lead-free alloy for high-reliability, high-temperature applications, http://www.hlinstruments.com/RoHS_articles, (2010)
- [5] <http://elektro-net.hu/gyartasor/2075-sacx-valasz-az-uj-kihivasra-az-olommentes-forrasztas-teruleten> (2015.03.16.)
- [6] *Gyenes A., Lanszki P., Nagy E., Gácsi Z.*: BKL Kohászat, 147/2., pp. 12–17. (2014)

BAUMLI PÉTER

A keményforrasztás alapanyagai

Keményforrasztás alatt a 450 °C feletti, nem oldható, anyaggal záró kötéstípust értjük, amellyel jelentős mechanikai igénybevételnek kitett munkadarabokat rögzítenek egymáshoz. A kötés minősége nagy mértékben függ attól, hogy egy adott technológiában a megfelelő összetételű forrasztóanyagot használjuk-e. Forrasztókötéssel alakítanak ki oldhatatlan kötést fém-fém páros esetén, de számos helyen kerámia-kerámia, kerámia-fém anyagpár megfelelő kötése is biztosítható keményforrasztással. A forrasztástechnológiában legelterjedtebb keményforrasztóanyag a réz és ötvözetek, a nikkel és ötvözetek, valamint számos területen alkalmazást nyernek a tiszta ezüst és az ezüstalapú ötvözetek is, valamint az alumínium-, magnézium-, cink- vagy a titánalapú forrasztóötvözetek. Jelen összefoglaló munkámban a leggyakrabban alkalmazott forrasztóanyagokat ismertetem.

1. Bevezetés

Forrasztás a diffúziós kötés egyik fajtája. Forrasztás alatt olyan technológiát értünk, amely során szilárd anyagokat kötünk össze a hegesztéshez hasonlóan oldhatatlan kötéssel. A forrasztás során a kötés a forrasztóanyag megolvadásával, majd megszilárdulásával jön létre. A forrasztandó szerkezeti elemek anyagai lehetnek azonosak, pl. acél-acél, de lehetnek különbözőek is, így acél-kerámia.

A forrasztási eljárásokat a forrasztóanyag olvadáspontja alapján két csoportba soroljuk, így beszélünk lágy- és keményforrasztásról. Lágyforrasztásnak nevezzük azt a forrasztási