

# Az ólomszennyezés hatása a forraszanyagok szövetszerkezetére és mechanikai tulajdonságaira

Vargáné Molnár Alíz, Molnár István, Czél Györgyné,  
Gácsai Zoltán

Anyagtudományi Szakmai Nap  
2014.03.05.



## Előadás tartalma

### Bevezetés

#### Ólommentes és ólommal szennyezett forraszanyagok mikroszerkezetének és mechanikai tulajdonságainak jellemzése

A Sn-Ag-Cu (SAC) tömbi anyagok mikroszerkezete  
Sn-Ag-Cu ötvözetek termikus vizsgálata  
Az ezüsttartalom hatása az Sn-xAg-0,5Cu forraszanyag mechanikai tulajdonságaira  
Az ólom tartalom hatása SAC ötvözetek mikroszerkezetére

#### Az elvégezett vizsgálatok

A vizsgált ötvözetek – Induktív-csatolt plazma atomemissziós spektrometria (ICP-AES)  
Pásztázó Elektron Mikroszkópi vizsgálat  
DSC (Differenciális pásztázó kaloriméter) vizsgálat  
Röntgendiffrakciós vizsgálat  
Keménységmérés  
Szakítóvizsgálat  
Képelemzés alkalmazása forraszanyagok szövetszerkezetének jellemzésére

### Összefoglalás

### További tervek



## Bevezetés



**2006. július elsejétől tilos az ólomtartalmú forraszanyagok felhasználása az elektronikai termékek gyártása során.**

**A leggyakrabban alkalmazott ólommentes forraszanyagok az Sn-Ag-Cu (SAC) alapú ötvözetek**, melyek közül a legjelentősebb a közel eutektikus összetételű SAC305 és SAC405. Ezeket jó elektromos vezetési- és mechanikai tulajdonság, jó nedvesítés, nagy megbízhatóság és élettartam jellemzi.

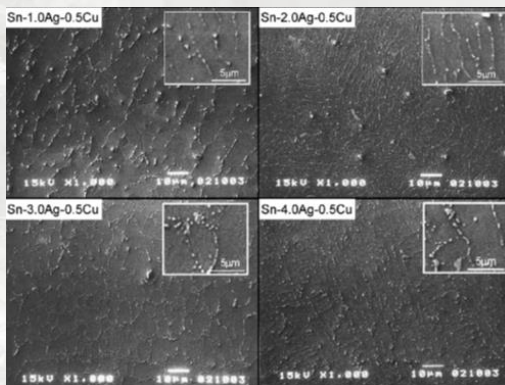
Az eddig kifejlesztett ólommentes ötvözetek összességéről elmondható, hogy **az SnPb ötvözeteket minden szempontból kiváltó ötvözet még nincs**. Valós kifogások, kritikák merülnek fel az olvadásponttal, a mechanikai tulajdonságokkal, vagy a forraszthatósággal szemben.

**A forraszkötés minőségét és megbízhatóságát jelentősen befolyásolhatják az egyes szennyező elemek, mint pl. az ólom.** Az ólom szennyezés oka a párhuzamosan alkalmazott technológiák (ólmos, ólommentes) eredménye. Ólom tartalom hatására megváltozhat a szövetszerkezet és ez által megváltozhatnak a mechanikai tulajdonságok is.

Annak érdekében, hogy **javítani tudjunk az ólommentes forraszanyagok megbízhatóságán fontos megismernünk a kristályosodási folyamatot**. Azonban a kristályosodás mechanizmusa még nem tisztázott, mivel **a kialakult mikroszerkezet az ólommentes forraszanyagok esetén sokkal összetettebb, mint a hagyományos SnPb forraszanyagok esetén.**



## A Sn-Ag-Cu (SAC) tömbi anyagok mikroszerkezete



A tömbi Sn-xAg-Cu mikroszerkezete

Az Sn-xAg-Cu ötvözetek szövetszerkezetét  **$\beta$ -Sn mátrixban** diszpergált apró  **$Ag_3Sn$**  és durva szemcsés  **$Cu_6Sn_5$**  intermetallikus (IMC) fázis alkotja.

Az  $Ag_3Sn$  és  $Cu_6Sn_5$  IMC részecskék a tömbi anyagban magas szilárdsági tulajdonságokkal rendelkeznek így **növelik a forraszanyag szilárdságát.**

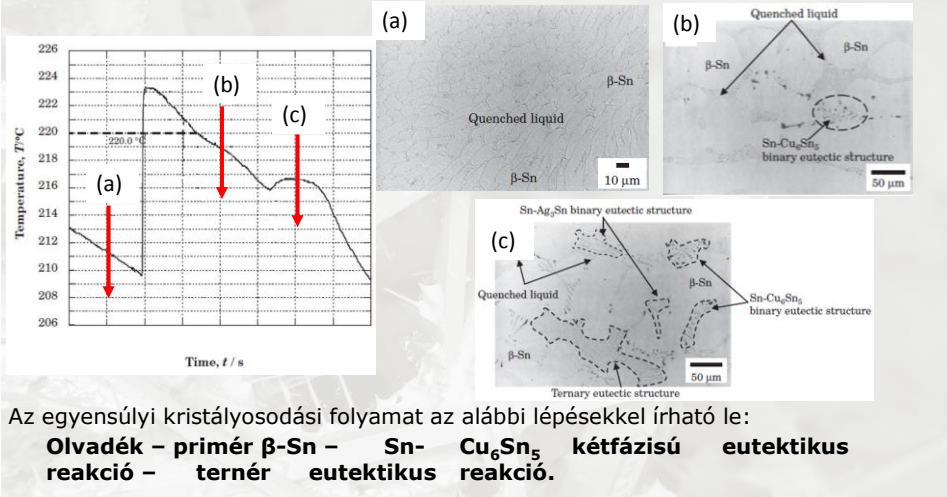
Forrás: Dhafer, Abdulameer Shawah, Mohd Sabri Mohd Faizul , és Anjum Badruddin Irfan . „A review on thermal cycling and drop impact reliability of SAC solder joint in portable electronic products.” Microelectronics Reliability 52, 2012: 90-99.



## Sn-Ag-Cu ötvözetek termikus vizsgálata



Ólommentes ötvözetek, SAC105 (Sn-1Ag-0,5Cu) vizsgálata:



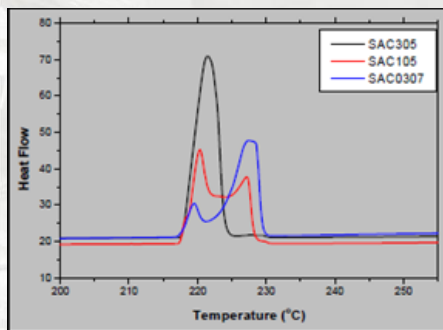
Ranjit Pandher, Tom Lawlor Effect of Silver in common lead-free alloys, Cookson Electronics Assembly Materials 109 Corporate Blvd., South Plainfield, NJ 07080



## Sn-Ag-Cu ötvözetek termikus vizsgálata



Ólommentes ötvözetek SAC105 (Sn-1Ag-0,5Cu), SAC305 (Sn-3Ag-0,5Cu) DSC vizsgálata:

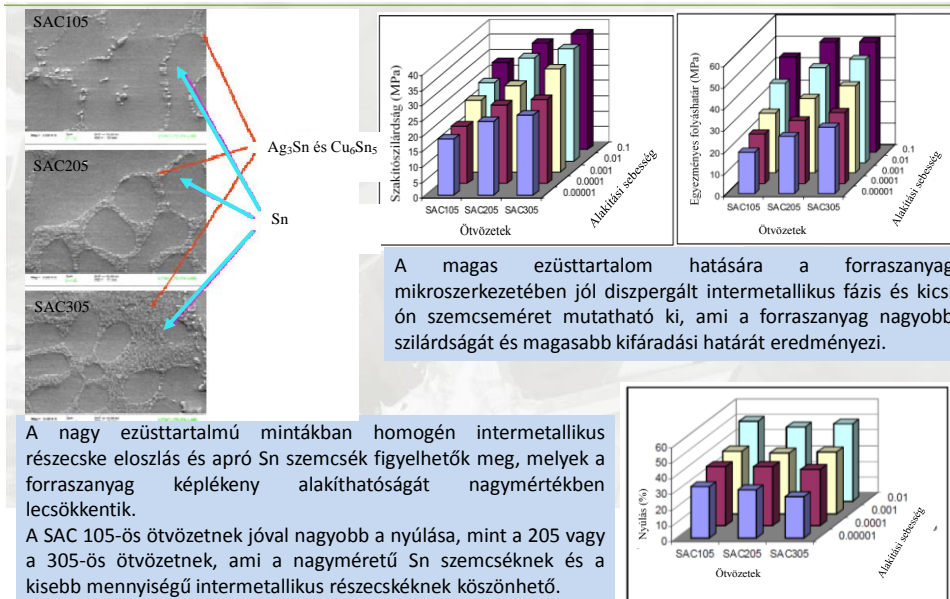


- A SAC 305 közel eutektikus összetételű ötvözet.
- Az eutektikus összetételű ötvözetnek az eutektikus hőmérséklete 217 °C, így a DSC-n csak egy csúcs van.
- Az alacsony ezüsttartalmú ötvözetek esetében azonban két, különálló fázis található (két csúcs a DSC-n).
- Az alacsony olvadáspontú eutektikum az SnAg míg a magasabb olvadáspontú eutektikum az SnCu, körülbelül 228°C körül.

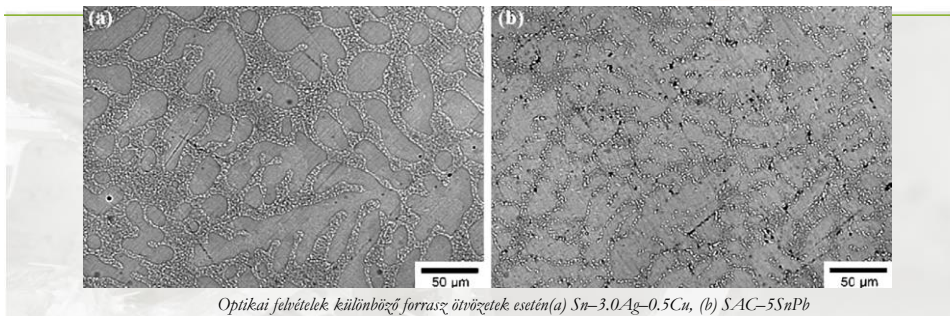
YOSHIKO TAKAMATSU, HISAO ESAKA, and KEI SHINOZUKA Liquid-Phase Separation in the Interdendritic Region After Growth of Primary  $\beta$ -Sn in Undercooled Sn-2.8Ag-0.3Cu Melt Journal of ELECTRONIC MATERIALS, Vol. 41, No. 8, (2012)



## Az ezüsttartalom hatása a mechanikai tulajdonságokra



## Az ólom tartalom hatása a forraszanyagok mikroszerkezetére



A SAC ötvözethez különböző mennyiségű SnPb előötvözet adagolás hatására 4 féle fázis alakul ki a kristályosodás során, ezek az alábbiak:  $\eta$ -Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> vagy  $\eta'$ -Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>,  $\epsilon$ -Ag<sub>3</sub>Sn, ónban gazdag Pb és ólomban gazdag Sn.

Az eutektikus reakció előtt (178°C) bekövetkezett Pb kiválások izolált fázisok formájában lesznek jelen, az eutektikus reakciót követően pedig a dendritközi régiókban helyezkednek el.

Fengjiang, Wang, O'keefe Matthew, és Brinkmeyer Brandon. „Microstructural evolution and tensile properties of Sn-Ag-Cu mixed with Sn-Pb solder alloys.” Journal of Alloys and Compounds 477, 2009: 267-273.



## A vizsgált ötvözetek ICP-AES vizsgálat



Minta jelölés	Sn	Ag	Cu	Pb
SAC 105*	98,2	1,15	0,514	0,0015
SAC 205*	97,3	2,21	0,280	0,0020
SAC 305*	95,5	3,35	0,485	0,0020
SAC 405*	95,0	4,28	0,536	0,0032
SAC 105 +0,1 Pb	97,9	1,02	0,367	0,1070
SAC 105 +0,2 Pb	97,8	1,01	0,374	0,2010
SAC 105 +0,5 Pb	97,5	1,05	0,402	0,4900
SAC 105 +1 Pb	96,3	1,09	0,439	0,9830
SAC 105 +1,2 Pb	96,7	1,01	0,397	1,0800
SAC 105 +1,5 Pb	96,4	1,05	0,409	1,3700
SAC 105 +2 Pb	96,2	0,92	0,401	1,9100

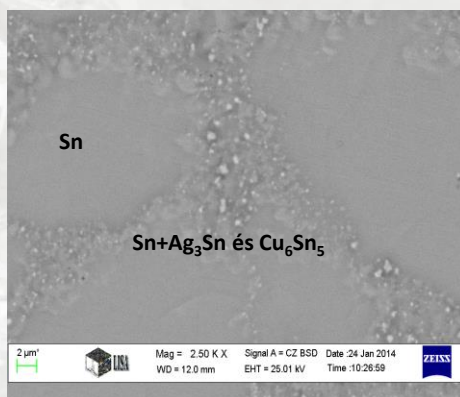


\*Az ólommentes forrasanyagokat a GLOB-METAL Kft. biztosította részünkre.

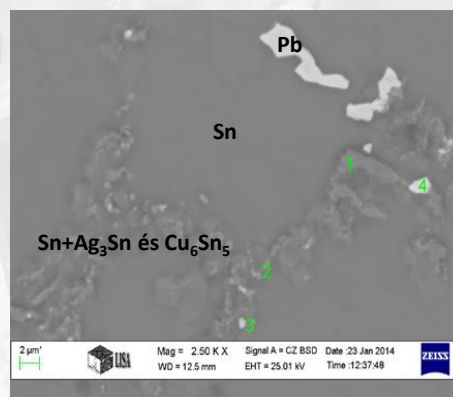


A projekt az Európai Unió támogatásával,  
az Európai Szociális Alap  
tárfelhasználásával valósult meg.

## Pásztázó Elektron Mikroszkópi vizsgálat



SAC 105 (Sn-1Ag-0,5Cu)

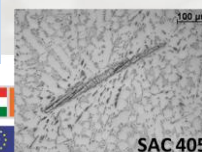
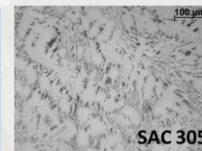
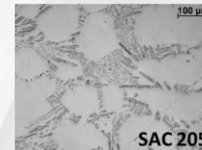
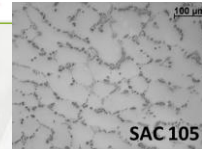
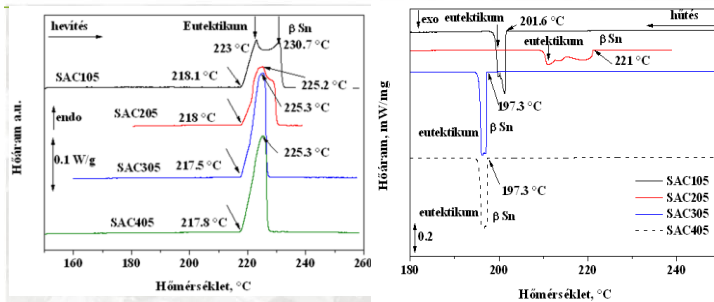


SAC 105 + 1,5 % Pb



A projekt az Európai Unió támogatásával,  
az Európai Szociális Alap  
tárfelhasználásával valósult meg.

## DSC (Differenciális pásztázó kaloriméter) vizsgálat



Az Ag tartalom növekedésével a béta Sn mennyisége csökken az eutektikum pedig nő. Az olvadási hőmérséklet tartomány is csökken.

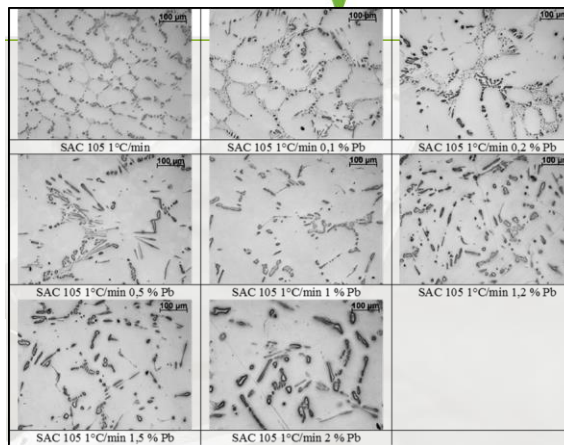
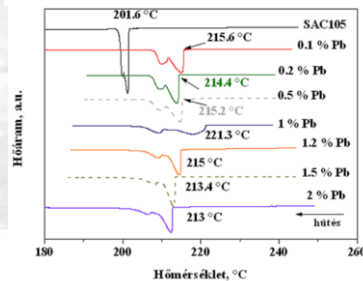
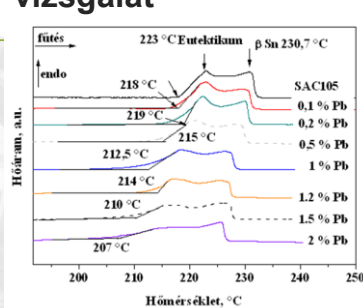
A SAC 305 az eutektikum, nem csak a hevítés hanem a hűtés szerint is.

A kristályosodás: béta Sn, binér eutektikum, ternér eutektikum.

A SAC 105-ben a legnagyobb a béta Sn mennyisége a mellette lévő eutektikumhoz képest. A SAC 205 esetében a béta Sn kristályosodása viszonylag nagy hőmérséklet közben zajlik, ebből arra következtethetünk, hogy a két ötvözetet összehasonlítva itt a legdurvább a béta Sn és ezt a szövet képen is láthatjuk. A SAC 305 tiszta eutektikum, csak egy csúcs látható, a felfűtéskor már sejtető volt, de a bizonyítékot a hűtési szakasz adta meg.



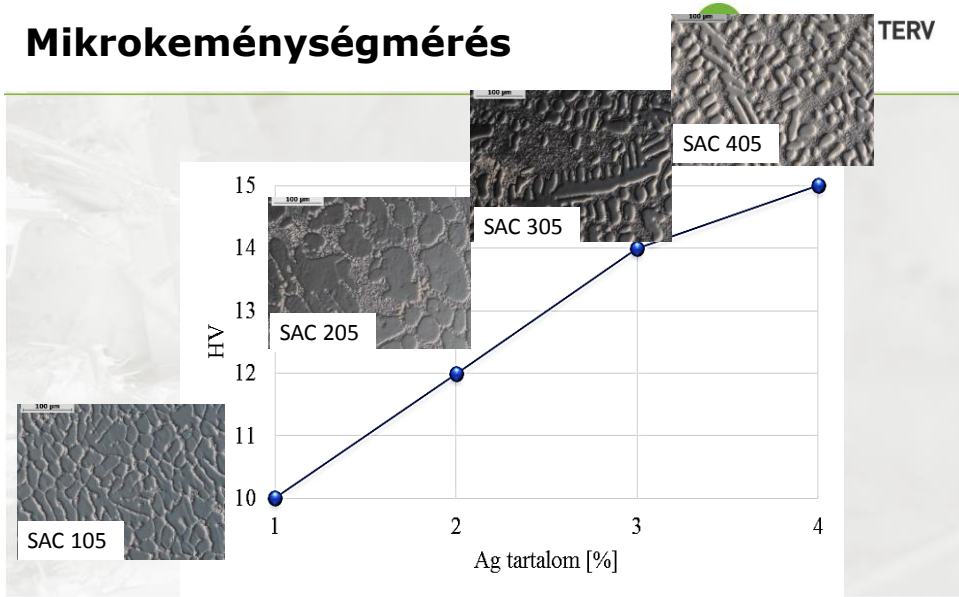
## DSC (Differenciális pásztázó kaloriméter) vizsgálat



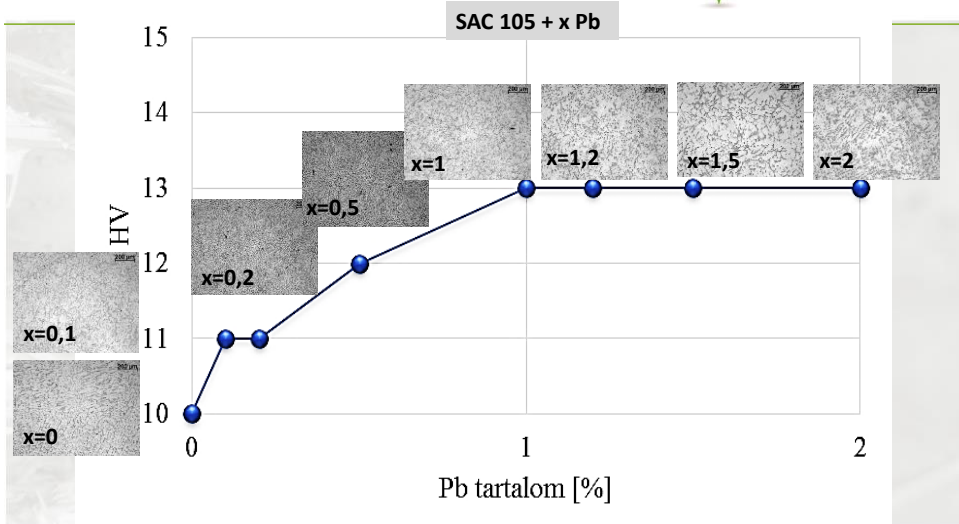
A Pb tartalom növekedésével nő az olvadási hőmérséklet tartománya. A béta Sn mennyisége közel azonosan változik a Pb tartalommal. Az ólommentes SAC 105 esetén sokkal több a primér Sn mennyisége, mint az ólommal szennyezett minták esetén 0,5 % Pb tartalomig. Az 1 % Pb tartalmú minta esetén viszont teljesen más folyamat játszódik le és 1,2 % Pb tartalomtól pedig nő a béta Sn mennyisége és 3 kristályosodási folyamat játszódik le.



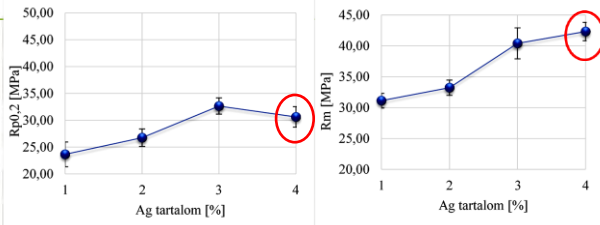
# Mikrokeménységmérés



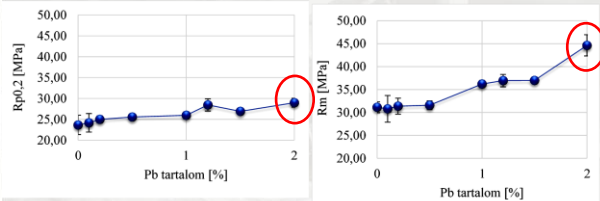
# Mikrokeménységmérés



## Szakítóvizsgálat



Az ólommentes forraszanyagok egyezményes folyáshatár és szakítózsilárdág értékei



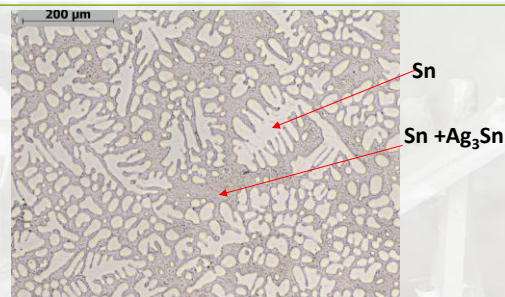
Az ólommal szennyezett forraszanyagok egyezményes folyáshatár és szakítózsilárdág értékei



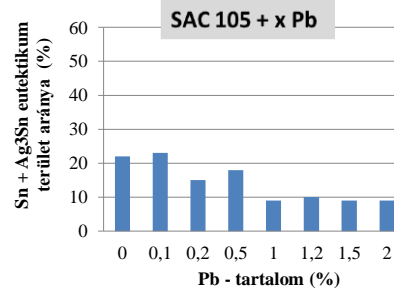
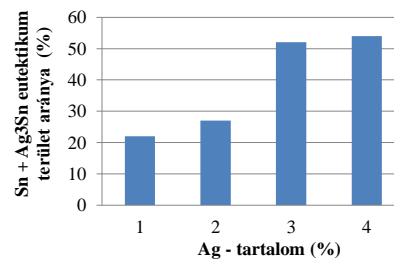
DIN-EN 50125

A szakítózsilárdág értéke és az egyezményes folyáshatár az ezüst tartalom növekedésével nő, kivétel a SAC 405-ös minta. Az ólommal szennyezett ötvözetek szakítózsilárdágában fő változás csak 1,2 illetve a 2% ólom tartalomnál tapasztalható, a többi esetben közel azonos, vagy nagyon kismértékben növekvő eredmények láthatók.

## Képelemzés alkalmazása forraszanyagok szövetszerkezetének jellemzésére



Az ezüst tartalom növekedésének hatására megfigyelhető, hogy a minták egyre nagyobb területtel rendelkező Sn+Ag<sub>3</sub>Sn eutektikumot tartalmaznak. Az ólom tartalom növekedésével viszont csökken az Sn+Ag<sub>3</sub>Sn eutektikum területe. 1% Pb tartalom esetén van a legkevesebb eutektikum a mintákban.





## Összefoglalás



**A kristályosodási folyamat:**  $\beta$ -Sn, binér eutektikum és ternér eutektikum kristályosodásából áll.

**Szövetelemek:** Sn, Sn+Ag<sub>3</sub>Sn, Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>, és az ólommal szennyezett mintákban az önálló fázisként megjelenő Pb.

**Ag tartalom hatása:** Az ólommentes ötvözetek esetén ezüst hozzáadásával nő az eutektikum mennyisége, és csökken az olvadási hőmérséklet tartomány. Nő a keménység érték, a szakítószilárdság érték és az egyezményes folyáshatár.

**Pb tartalom hatása:** Az ólom tartalom növekedésével nő az olvadás hőmérséklet tartománya és csökken a béta Sn mennyisége az ólommentes SAC 105-ös mintához képest 1 % Pb tartalomig. A keménység érték növekedése kevésbé jelentős, sok esetben azonos, vagy közel azonos értékek figyelhetők meg.



## További tervek



**Robert Bosch Kft. és Miskolci Egyetem között létrejövő ernyőprojekt:  
„Őn alapú, többalkotós forrasanyagok fémtani folyamatainak vizsgálata”**

### A forraszkötés mikrostruktúrájának és öregedési tulajdonságainak kapcsolata

- 1) Az SAC és INNOLOT ötvözetek intermetallikus fázisainak jellemzőinek (méret, morfológia) változása ciklikus hősookk terhelés hatására.
- 2) Az összetétel hatásának vizsgálata az Sn alapú ötvözetek a ciklikus hősookk terhelés hatására lejátszódó folyamatokra.
- 3) A szennyező-tartalom hatásának vizsgálata az Sn alapú ötvözetek a ciklikus hősookk terhelés hatására lejátszódó folyamatokra.
- 4) A forraszkötés szemcseméretének változásának fizikai szimulációja



## Köszönöm a megtisztelő figyelmet!

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani a GLOB-METAL Kft.-nek a vizsgálatokhoz alkalmazott forraszanyagok biztosításáért.

Továbbá köszönet illeti Dr. Bánhidi Olivért, Bán Róbertet, Bodnárné Nyári Napsugárt, Kardos Ibolyát, Kovács Árpádot, Márkus Zoltánnét, és Mikó Tamást a minta előkészítés és az egyes vizsgálatok elvégzésében nyújtott segítségükért.

"A bemutatott kutató munka a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0019 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg"

