

יום עיון טכנולוגיות -

סגסוגות וחומרי הלחמה שימושיים, צורות ודרכי היישום שלהם, הגורמים המשפיעים על איכות ההלחמה

קובי שטרנברג - יועץ בתחום ההלחמות, תהליכים וחקר כשל.

054-4777457

Kobi. Shterenberg@gmail.com

27.10.2025

קצת עלי

- ▶ תואר שני בהנדסת חומרים מאוניברסיטת בן גוריון
- ▶ מהנדס תהליכים ומנהל מעבדת חקר כשל בטלרד - 14 שנים
- ▶ מנהל חברת נורטק אינט' שמייבאת ומפיצה חומרים מתכלים לעולם הרכבות האלקטרוניקה (אינדיום, קסטר, יומיסיל) - 10 שנים.
- ▶ מנהל מעבדת חקר כשל בסולארדג' + CTO-Nortec - יועץ עצמאי - 10 שנים

חומרי הלחמה

- ▶ הלחמה - תהליך של חיבור 2 או יותר חלקים מתכתיים על ידי התכת חומר מילוי וליצור חיבור מכאני ו/או חשמלי. חומר המילוי נקרא חומר לחם (solder) והוא בעל טמפ' היתוך נמוכה מאשר החלקים המתכתיים אותם הוא מחבר.
- ▶ על מנת לבצע הלחמה נדרשים: מקור חום, פלקס וחומר לחם.
- ▶ ישנם מספר רב של סגסוגת הלחמה החל מטמפ' התכה של $\sim 90^{\circ}\text{C}$ עד טמפ' של $\sim 450^{\circ}\text{C}$, מעבר לטמפ' זו תהליך החיבור נקרא אינוך (brazing).
- ▶ בחירת סגסוגת ההלחמה תלויה: בטמפ' העבודה, עמידות הרכיבים בטמפ', תנאי סביבה, הרכב הציפוי של החלקים המולחמים ועוד.

רשימת סגסוגות - 6 משפחות פופולריות

Six Alloy Families

The more popular alloys in each family.



Gallium

Since gallium and gallium alloys are generally liquid at room temperature, they are not generally used for solder applications, but find a home with thermal applications. Gallium is also a replacement for the mercury (Hg) in batteries.

Indalloy® #	Composition	Liquidus/Solidus Temperature (°C)
51E	66.5Ga/20.5In/13Sn	11 Eutectic
60	75.5Ga/24.5In	16 Eutectic



Bismuth

Most bismuth alloys are considered low-temperature and many of them are Pb-free. Although bismuth is considered to be fairly brittle, BiSn and BiSnAg are widely used in step-soldering applications and other applications where a lower temperature is required.

Indalloy® #	Composition	Liquidus Temperature (°C)	Solidus Temperature (°C)
281	58Bi/42Sn	138 Eutectic	
282	57Bi/42Sn/1Ag	140	139



Indium

Indium is a very versatile metal, often used for soldering to gold, thermal applications, low-temperature solders, bonding to ceramics, hermetic and cryogenic sealing, and CTE mismatch.

Indalloy® #	Composition	Liquidus Temperature (°C)	Solidus Temperature (°C)
1E	52In/48Sn	118 Eutectic	
1	50In/50Sn	125	118
290	97In/3Ag	143 Eutectic	
2	80In/15Pb/5Ag	154	149
4	100In	157 Melting point	
204	70In/30Pb	175	165
205	60In/40Pb	181	173
227	77.2Sn/20In/2.8Ag	187	
7	50In/50Pb	210	184
3	90In/10Ag	237	143
164	92.5Pb/5In/2.5Ag	310	300

Learn more: www.indium.com Contact our engineers: askus@indium.com



רשימת סגסוגות - 6 משפחות פופולריות



Tin

Tin is the basis for most electronics grade solders. It has excellent wetting, but is not recommended for soldering to thick Au-plating since the tin will leach or scavenge the gold. Adding antimony (Sb) to tin will give higher creep strength at temperatures up to 100°C.

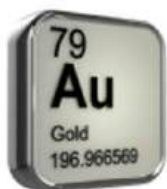
Indalloy® #	Composition	Liquidus Temperature (°C)	Solidus Temperature (°C)
106	63Sn/37Pb (Sn63)	183 Eutectic	
121	96.5Sn/3.5Ag	221 Eutectic	
133	95Sn/5Sb	240	237
256	96.5Sn/3Ag/0.5Cu (SAC305)	220	217



Lead

Alloys containing lead are not RoHS-compliant, so alternatives are being sought to replace the SnPb alloys of the past. Several applications require higher temperatures and can still use lead.

Indalloy® #	Composition	Liquidus Temperature (°C)	Solidus Temperature (°C)
151	92.5Pb/5Sn/2.5Ag	305	298
164	92.5Pb/5In/2.5Ag	310	300



Gold

Gold is considered a noble metal and can be used in fluxless reflow environments. Pure gold has a melting point of 1,064°C but can be alloyed with tin (Sn), silicon (Si), or germanium (Ge) for lower melting points. 80Au/20Sn, a eutectic alloy is by far the most popular gold-based alloy.

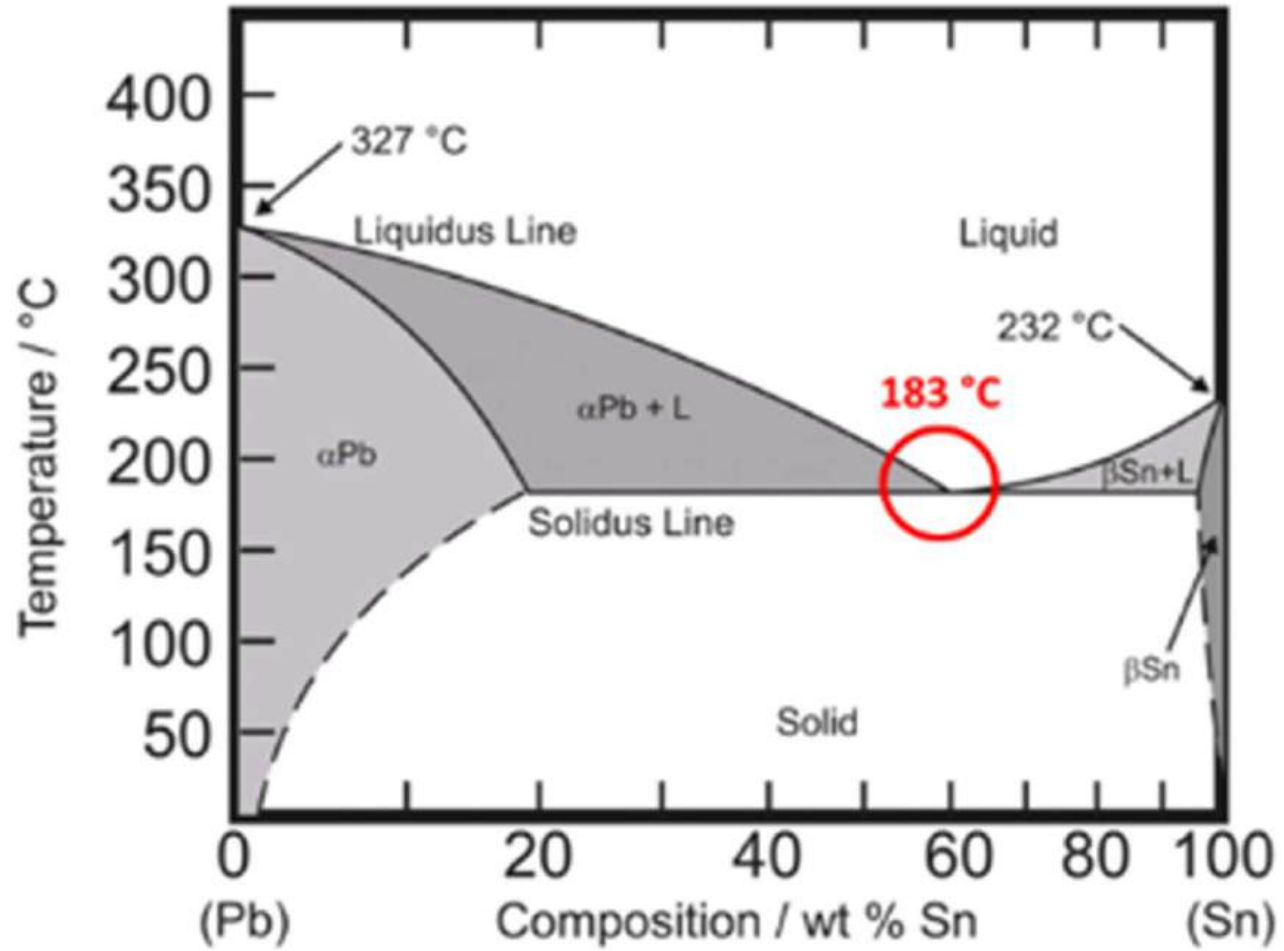
Indalloy® #	Composition	Liquidus Temperature (°C)	Solidus Temperature (°C)
182	80Au/20Sn	280 Eutectic	
183	88Au/12Ge	356 Eutectic	
184	96.8Au/3.2Si	363 Eutectic	
200	100Au	1,064 Melting point	



סגסוגות בדיל עופרת

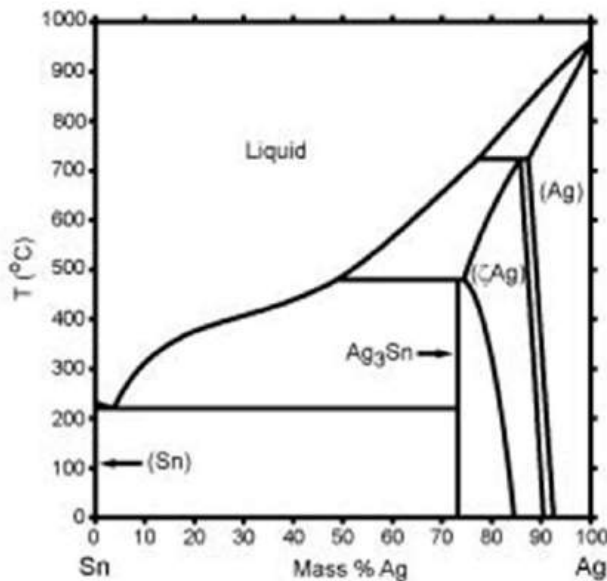
- ▶ עד 2006 זמן כניסת הנחיית ROHS לתוקף אלו הסגסוגות העיקריות שהיו בשימוש להרכבות אלקטרוניות.
- ▶ Reduction Of Hazardous Substances - ROHS כולל 6 חומרים שאחד מהם הוא עופרת
- ▶ סגסוגת אוטקטית Sn63Pb37, טמפ' היתוך נמוכה יחסית, 183°C .
- ▶ סגסוגות בדיל עופרת עדיין בשימוש ביישומים ותעשיות שבהם האמינות קריטית כמו, תעופה וחלל, צבא, ציוד רפואי מציל חיים ועוד.

סגסוגות בדיל עופרת



סגסוגות הלחמה ללא עופרת

- ▶ התחליף המוביל כסגסוגת הלחמה המותאמת ל ROHS היא משפחת ה SAC
- ▶ SAC- SnAgCu, SAC305-Sn96.5Ag3.0Cu0.5, SAC387-Sn95.5Ag3.8Cu0.7
- ▶ בחוטים ומוטות ישנו שימוש גם בסגסוגת Sn99.3Cu0.7 טמפ' התכה של 227°C
- ▶ מבוסס על סגסוגת אוטקטית Sn96.5Ag3.5, טמפ' התכה - 217°C
- ▶ השפעה על עלויות, ציוד רכיבים מעגלים מודפסים וכו'.



Alloy Prices

Alloy	LME \$/lb	LME \$/kg
Sn63/Pb37	\$ 12.40	\$ 27.34
Sn60/Pb40	\$ 11.85	\$ 26.13
Indalloy100	\$ 15.63	\$ 34.47
Sn62/Pb36/Ag2	\$ 28.75	\$ 63.38
Sn99.3/Cu0.7	\$ 19.06	\$ 42.01
SAC0307	\$ 21.48	\$ 47.36
SAC105	\$ 27.26	\$ 60.11
SAC305	\$ 43.34	\$ 95.54
SAC387	\$ 49.78	\$ 109.74
SAC405	\$ 51.42	\$ 113.36
Sn96.5/Ag3.5	\$ 47.45	\$ 104.61
Sn95/Sb5	\$ 18.24	\$ 40.22

פלקס

הפלקס הוא מרכיב הכרחי בתהליך ההלחמה, תפקידו הסרת תחמוצות, אפשור הרטבה, עזרה בהולכת החום וחיבור חזק ואמין.

ישנם סיווגים שונים לפלקס לפי אקטיביות וריכוז יונים הלידיים.

פלקסים אקטיביים מחייבים ניקוי אחרי ההלחמה.

פלקס להלחמה מכיל WOA, אקטיבטורים, הלידים שרף (סינטטי/טבעי).

Materials of Composition ²	Flux/Flux Residue Activity Levels	% Halide ³ (by weight)	Flux Type ³	Flux Designator
Rosin (RO)	Low	0.0%	L0	ROL0
		<0.5%	L1	ROL1
	Moderate	0.0%	M0	ROM0
		0.5-2.0%	M1	ROM1
	High	0.0%	H0	ROH0
		>2.0%	H1	ROH1
Resin (RE)	Low	0.0%	L0	REL0
		<0.5%	L1	REL1
	Moderate	0.0%	M0	REM0
		0.5-2.0%	M1	REM1
	High	0.0%	H0	REH0
		>2.0%	H1	REH1

Materials of Composition ²	Flux/Flux Residue Activity Levels	% Halide ³ (by weight)	Flux Type ³	Flux Designator
Organic (OR)	Low	0.0%	L0	ORL0
		<0.5%	L1	ORL1
	Moderate	0.0%	M0	ORM0
		0.5-2.0%	M1	ORM1
	High	0.0%	H0	ORH0
		>2.0%	H1	ORH1
Inorganic (IN)	Low	0.0%	L0	INL0
		<0.5%	L1	INL1
	Moderate	0.0%	M0	INM0
		0.5-2.0%	M1	INM1
	High	0.0%	H0	INH0
		>2.0%	H1	INH1

התאמת הפלקס וחומר הלחם להלחמה

- ▶ עמידות בטמפ' - רכיבים, טמפ' עבודה טמפ' סביבה.
- ▶ רמת אקטיביות של הפלקס צריכה מותאמת לממשקי ההלחמה - ניטיןול, אלומיניום ופלב"ם
- ▶ תאימות בין חומר הלחם לממשק ההלחמה- זהב בדיל, אינדיום נחושת

התאמת הפלקס וחומר הלחם להלחמה

Base Metal	Recommended Flux		Recommended Solder Alloy/Indalloy® No.	Incompatible Solder Alloys
	Liquid	Tacky		
Gold (over 0.5µm thick) *(See note 1)	5RMA-RC 1095-NF	TACFlux® 012 (In alloys) TACFlux® 007 (High-Pb & AuSn) TACFlux® 025-NP (Water-Soluble)	In/Pb alloys #2 (80In/15Pb/5Ag) #4 (100In) #182 (80Au/20Sn) High-Pb alloys (Pb/In, Pb/In/Ag)	Sn, Sn/Pb, In/Sn, Sn/Pb/In, Sn/Pb/Bi
ENIG	5RMA-RC (In- and Bi-containing) FP-500 or 3545 (SAC, SnPb) 1095-NF or FP-300	TACFlux® 020B-RC (SnPb & SAC) TACFlux® 012 (In alloys) TACFlux® 007 (High-Pb & AuSn) TACFlux® 571HF (Bi:Sn alloys) TACFlux® 025-NP (Water-Soluble)	#106 (63Sn/37Pb) Sn62 (62Sn/36Pb/2Ag) SAC alloys #121 (96.5Sn/3.5Ag) In alloys #182 (80Au/20Sn) High-Pb alloys Sn/Bi alloys	Compatible with most solder alloys
Silver *(See note 2)	5RMA-RC (In- and Bi-containing) FP-500 or 3545 (SAC, SnPb) 1095-NF or FP-300	TACFlux® 020B-RC (SnPb & SAC) TACFlux® 007 (High-Pb & AuSn) TACFlux® 025-NP (Water-Soluble)	#104 (62Sn/36Pb/2Ag) SAC alloys #121 (96.5Sn/3.5Ag) High-Pb alloys	Compatible with most solder alloys
Palladium and Platinum	5RMA-RC (In- and Bi-containing) FP-500 or 3545 (SAC, SnPb) 1095-NF or FP-300		Compatible with most solder alloys	Compatible with most solder alloys
Clean Cu	5RMA-RC (Bi-containing) FP-500 or 3545 (SAC, SnPb) 1095-NF or FP-300	TACFlux® 020B-RC (SnPb & SAC) TACFlux® 571HF (Bi:Sn alloys) TACFlux® 025-NP (Water-Soluble)	#106 (63Sn/37Pb) Sn62 (62Sn/36Pb/2Ag) SAC alloys #121 (96.5Sn/3.5Ag) Sn/Bi alloys #133 (95Sn/5Sb)	In, In/Pb, In/Sn, In/Pb/Ag *(See note 4)
HASL Finish (Sn & Sn/Pb)	5RA-RC (Bi-containing) 5RMA-RC (Bi-containing) FP-500 or 3545 (SAC, SnPb) 1095-NF or FP-300	TACFlux® 020B-RC (SnPb & SAC) TACFlux® 571HF (Bi:Sn alloys) TACFlux® 025-NP (Water-Soluble)	#106 (63Sn/37Pb) Sn62 (62Sn/36Pb/2Ag) SAC alloys Sn/Bi alloys	In-containing solders *(See note 3)
Oxidized Cu & Cu Alloys (Brass, Bronze)	5RA-RC 1095-NF Flux #6		#106 (63Sn/37Pb) Sn62 (62Sn/36Pb/2Ag) SAC alloys	In-containing solders *(See note 4)
Nickel (Ni) and Kovar	5RA-RC 1095-NF Flux #6		#106 (63Sn/37Pb) Sn62 (62Sn/36Pb/2Ag) In/Pb alloys SAC alloys	Compatible with most solder alloys
Aluminum	Flux #6		#201 (91Sn/9Zn) #176 (95Zn/5Al) #121 (96.5Sn/3.5Ag)	Sn/Pb due to poor corrosion resistance
Stainless Steel	42-SS, Flux #2, Flux #6, *(See note 5)		#121 (96.5Sn/3.5Ag) #1E (52In/48Sn) #182 (80Au/20Sn) #106 (63Sn/37Pb) Sn62 (62Sn/36Pb/2Ag) SAC alloys	Avoid Pb and Cd for food applications
Steel	Flux #1		#106 (63Sn/37Pb) Sn62 (62Sn/36Pb/2Ag) SAC alloys	Compatible with most solder alloys

See reverse side for notes.

Notes

Note 1: In/Pb alloys have a wide temperature range from 175–313°C (Indalloy®7, 10, 11, 150, 204, 205, and 206). For specific melting temperatures, refer to the Solder Alloy Guide at www.indium.com

Note 2: When soldering to silver (Ag), it is recommended that the solder also contain some Ag, such as Indalloy®121 (96.5Sn/3.5Ag), 62Sn/36Pb/2Ag, or Indalloy®151 (92.5Pb/5Sn/2.5Ag)

Note 3: Avoid solders that contain indium (In) when soldering to Sn or Sn/Pb. It is possible for localized pockets of the In/Sn eutectic to form, which melts at 118°C.

Note 4: Avoid solders that contain In when soldering to Cu. In and Cu diffuse into one another and form a brittle inter-metallic.

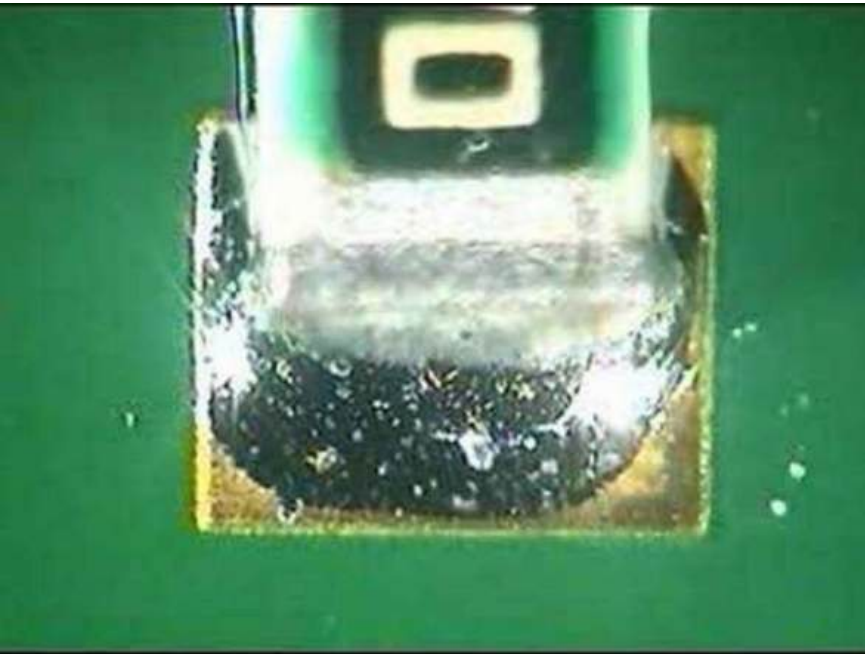
Note 5: Use 42-SS or Liquid Flux #2 for applications which do not require prolonged heating, and Liquid Flux #6 for applications which do require prolonged heating to reflow the solder.

חומרי הלחמה - משחה

- ▶ חומרים להלחמה יכולים להגיע במגוון צורות.
- ▶ משחה, חוט, פריפורמות ומוטות.

משחה - משמשת בתהליך SMT מיושמת בהדפסה או בהזרקה. המשחה מורכבת מכדוריות של סגסוגת ההלחמה ופלקס.
משחה מוגדרת לפי:

<https://www.youtube.com/watch?v=Axg72ih9Hwo>



Type	Less than 0.5% larger than	10% Max. between	80% Min. Between	10% Max. Less than
1	160	150-160	75-150	75
2	80	75-80	45-75	45
3	60	45-60	25-45	25
4	50	38-50	20-38	20
5	40	25-40	15-25	15
6	25	15-25	5-15	5
7	15	11-15	2-11	2

Size Standard	0603	0402	03015	0201
Type 4				
Type 5				
Type 6				

- סגסוגת
- פילוג כדוריות Type
- סוג הפלקס
- % הפלקס W/V
- סוג אריזה

חומרי הלחמה - חוט

▶ חוטי הלחמה בתהליך הלחמה ידני/רובוטי מגיעים עם פלקס Cored Wires

משחה - משמשת בתהליך SMT מיושמת בהדפסה או בהזרקה. המשחה מורכבת מכדוריות של סגסוגת ההלחמה ופלקס.

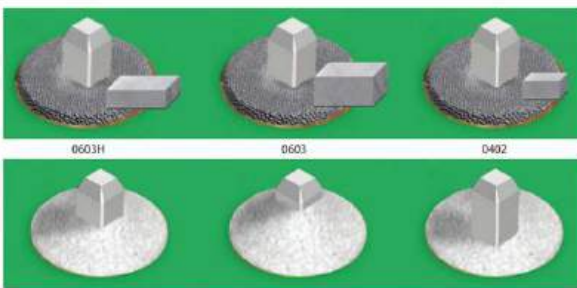


חוט מוגדר לפי:

- סגסוגת
- קוטר
- סוג הפלקס
- % הפלקס
- תוספת פלקס? איך?

חומרי הלחמה - פריפורמות

- ▶ פריפורמות - צורות חתוכות מראש מסגסוגות שונות, יכול להגיע עם ציפוי פלקס, יכול להגיע ב T&R.
- ▶ משמש ל PIP, תוספת חומר לחם גדרות RFI, הלחמה ב cavities, הלחמת פינים צמצום voids תחת רכיבים צמודי גחון ועוד.



[youtube.com/watch?v=pCnjHyOI0ys&embeds_referring_uri=https%3A%2F%2Fhubblecontent.osi.office.net%2F&source_ve_path=Mjg2NjY](https://www.youtube.com/watch?v=pCnjHyOI0ys&embeds_referring_uri=https%3A%2F%2Fhubblecontent.osi.office.net%2F&source_ve_path=Mjg2NjY)

תודה רבה !

שאלות?

קובי שטרנברג - יועץ בתחום ההלחמות, תהליכים וחקר כשל.

054-4777457

Kobi.Shterenberg@gmail.com