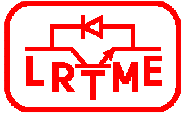


Zlitine za spajkanje

Katedra za mehatroniko

Laboratorij za regulacijsko tehniko in močnostno elektroniko

Štud. leto 2012/13



SPAJKE

Mehke spajke

Zlitine: Sn60Pb40 (ročno spajkanje)

Sn63Pb37 (spajkanje v kadeh)

Sn62Pb36Ag2 (za posrebr. mat.)

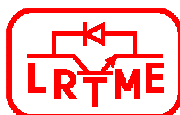
Sn60Pb38Cu2 (življ. doba spajk. konic)

Trde spajke

Zlitine: CuZn z dodatki AG, Pb, Sn, Cd, P

SnZnAlCu (spajkanje aluminija) ali

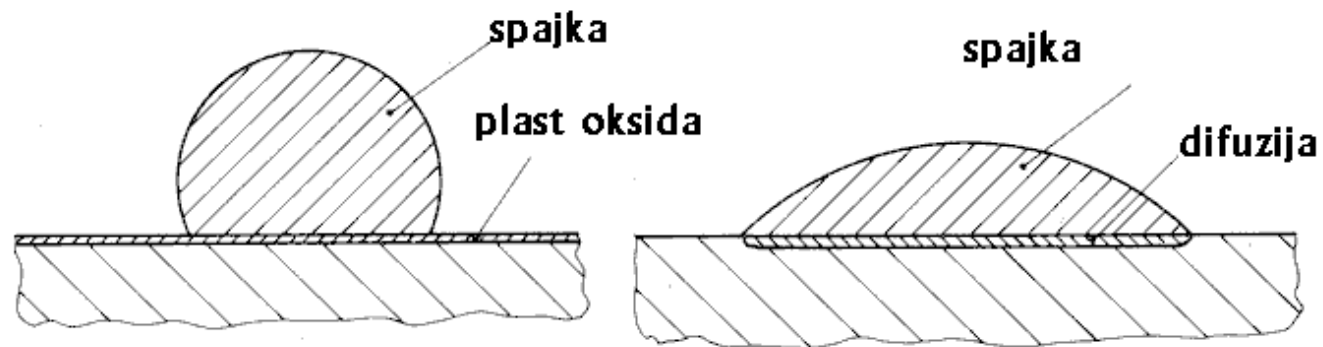
ZnCuAl (Mouray)



Parameter	Mehko spajkanje	Lepljenje	Varjenje
Temperatura in čas spajkanja	visoka, kratko/dolgo	nizka , dolgo	zelo visoka, kratko
	250°C – 3 s	120°C – 2 h	1000°C – 0,5 s
	215°C – 30 s	150°C – 1 h	
Segrevanje	homogeno ali lokalno	homogeno	lokalno
Togost	srednje tog spoj	prožen spoj	tog spoj
Električna upornost	dober kovinski spoj	odvisna od pritiska	dober kovinski spoj
Trdnost spojev	srednja	srednja (odvisna od oblike)	dobra in stabilna
Korozijska odpornost	srednja	dobra	dobra
Tehnika pritrjevanja	včasih fiksiranje, pogosto pa ne	lepljenje pod pritiskom, fiksiranje	fiksiranje
Predpriprava površine	potrebno je dobro čiščenje (fluks)	čiščenje, ustrezna hrapavost, čiščenje	pogosto brez posebnih priprav
Vpliv na osnovno kovino	difuzija	ni medsebojnega vpliva	staljeno (in spet strjeno) področje
Masovnost proizvodnje	pogosto mnogo spojev istočasno	mного spojev istočasno	spoj eden za drugim (včasih hitro)
Glavni problem	čistost površine	doziranje lepila	vpliv temperature na osnovno kovino

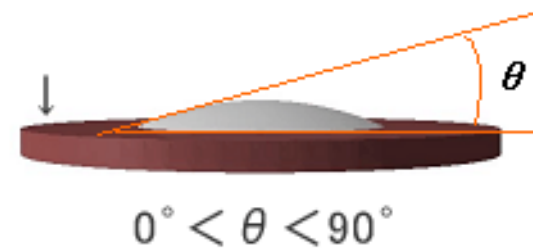
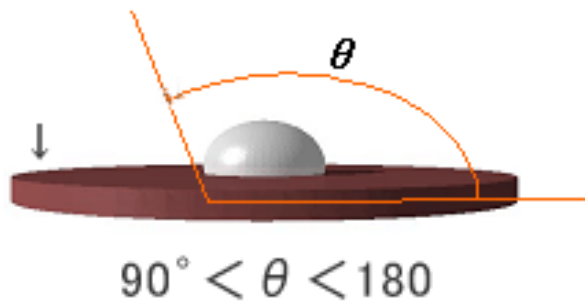
Primerjava parametrov pri različnih postopkih povezovanja

Omočljivost površin

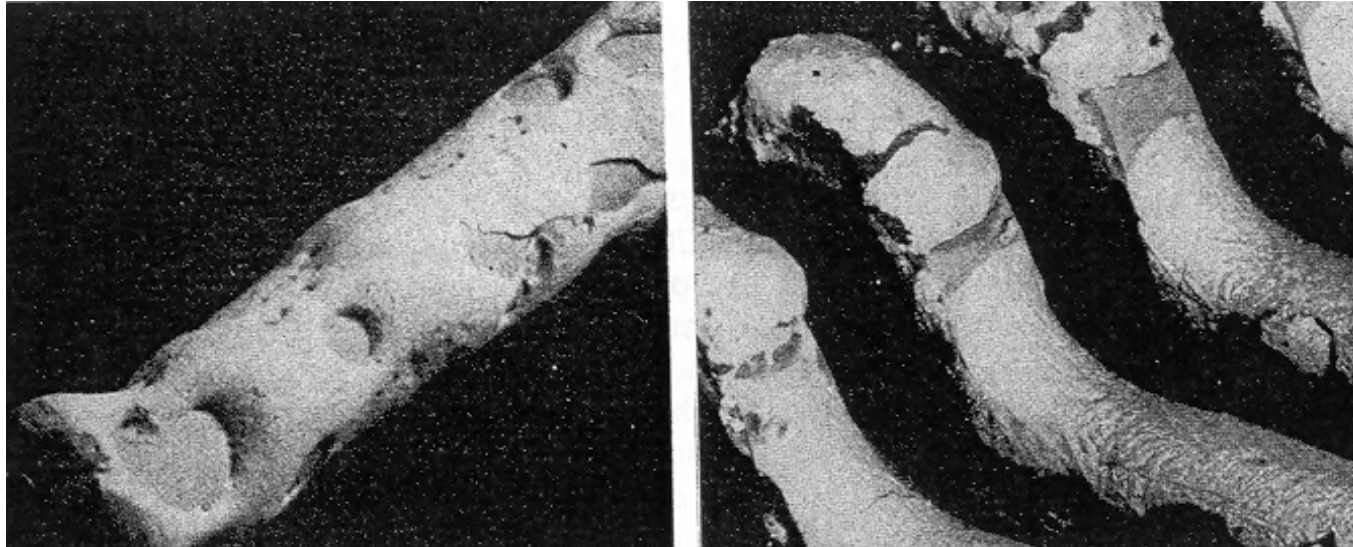


Levo: kapljica spajke na oksidirani površini. Desno: kapljica spajke na čisti površini

Omočljivost površin

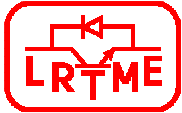


Levo: kapljica spajke na oksidirani površini. Desno: kapljica spajke na čisti površini



Levo: površina, ki izkazuje delno omočenost in plast spajke, ki se drži površine brez prave omočenosti. Premer žice je 0,6 mm, potopljena je bila v Sn60Pb40 spajko pri temperaturi 235°C.

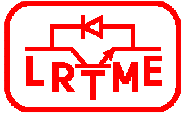
Desno: priključna mesta, ki izkazujejo neomočene predele po končanem tako imenovanem 'reflow' spajkanju



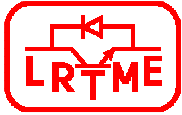
Vpliv toplote v procesu spajkanja

S toplotnega vidika moramo v procesu spajkanja izpolniti dve nasprotujoči si zahtevi:

- površina, namenjena spajkanju, mora biti dovolj segreta, da omogoča omočitev in razlitje spajke;
- komponente, ki jih spajkamo, se ne smejo segreti na temperaturo, pri kateri bi se lahko poškodovale.



Material	Toplotna kapaciteta $\rho \cdot c$ [10^6 J / (m ³ ·K)]	Toplotna prevodnost λ [W / (m·K)]
Baker	3,5	370
Aluminij	2,5	230
Aluminijev oksid	3,3	20
Železo	3,5	60
Nikelj	4	89
Steklo	2	1
Spajka	1,5	50
Sintetični materiali	2	0,2



Zanesljivost

1 FIT = $1 \cdot 10^{-9}$ odpovedi/(element·h)

Funkcija odpovedi (ang. Failure Function): $F(t)$

Funkcija $F(t)$ podaja verjetnost, da bo nek element ali sistem, ki še pravilno deluje v času $t = 0$, odpovedal do časa t !

Funkcija zanesljivosti (ang. Reliability Function): $R(t)$

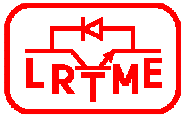
Funkcija $R(t)$ podaja verjetnost, da bo nek element ali sistem, ki še pravilno deluje v času $t = 0$, preživel brez odpovedi do časa t !

Funkcija $R(t)$ je torej verjetnostno nasprotje $F(t)$:

$$R(t) = 1 - F(t).$$

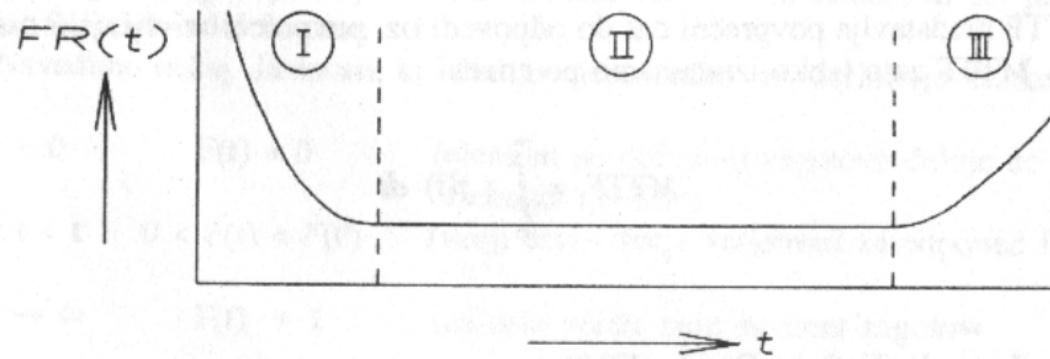
Pogostost odpovedi (ang. Failure Rate): $FR(t)$

Funkcija $FR(t)$ podaja normalizirano število odpovedi na časovno enoto v trenutku t . Včasih srečamo za to funkcijo tudi oznako $\lambda(t)$.



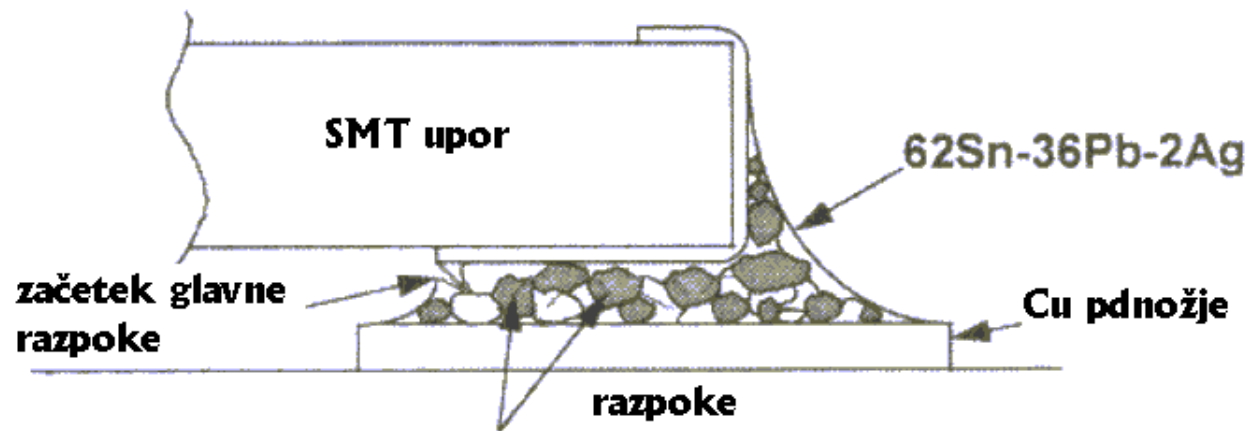
$$FR(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - F(t)}$$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$$

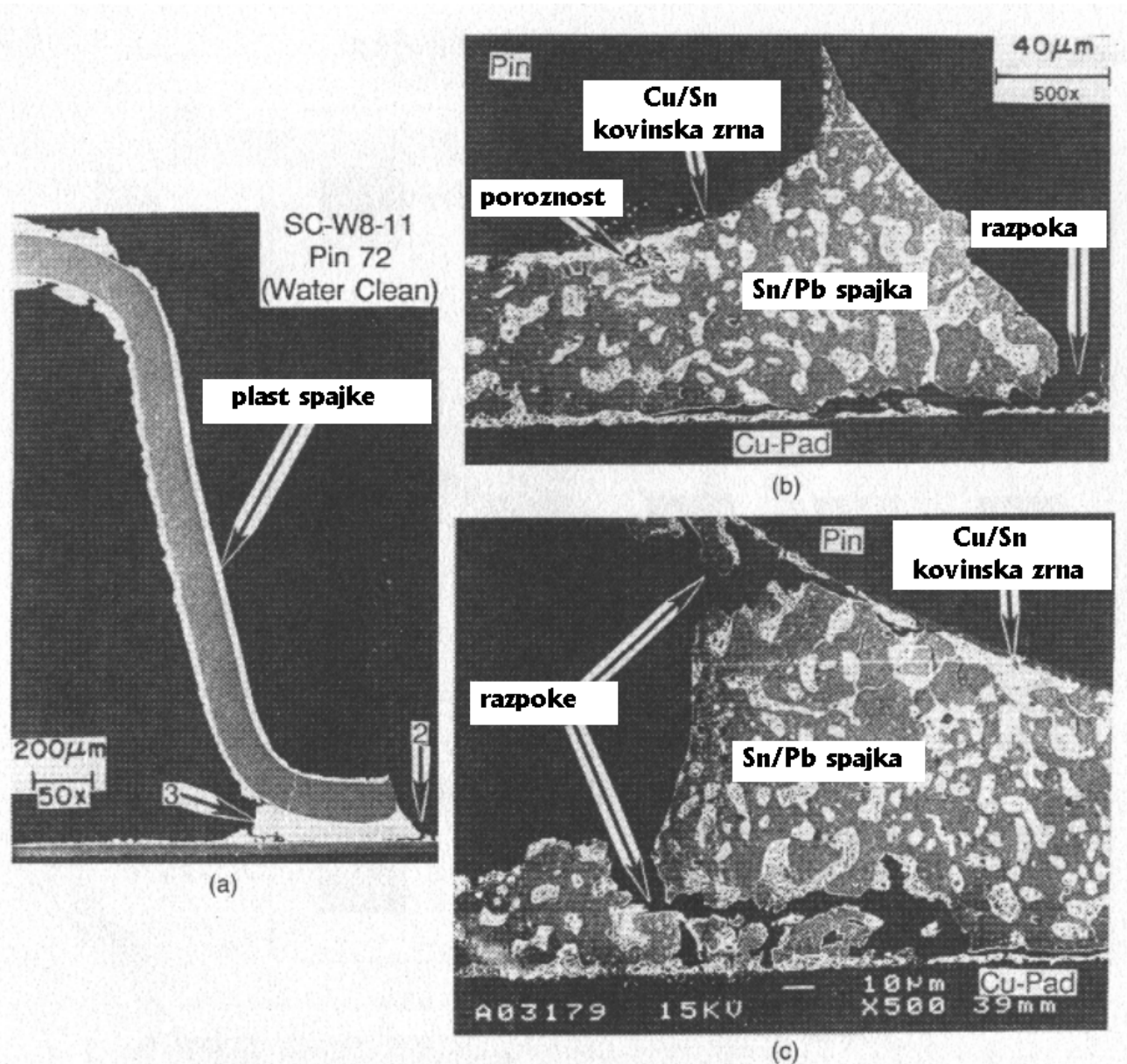


Typični časovni potek $FR(t)$

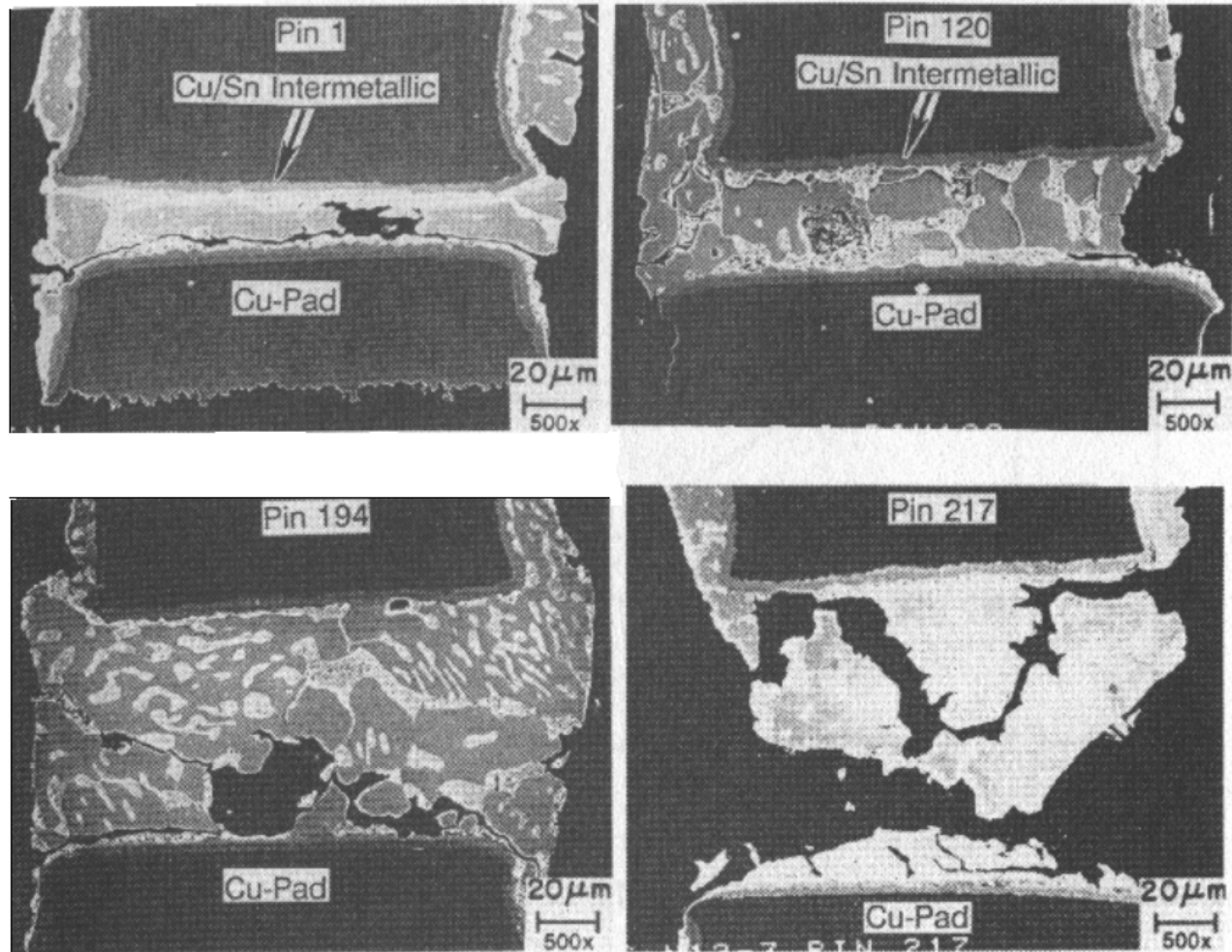
Analiza odpovedi spajkanih spojev



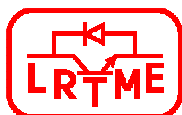
Razpoka v spajkanem spoju
in nastanek manjših lokalnih razpok, ki se združujejo



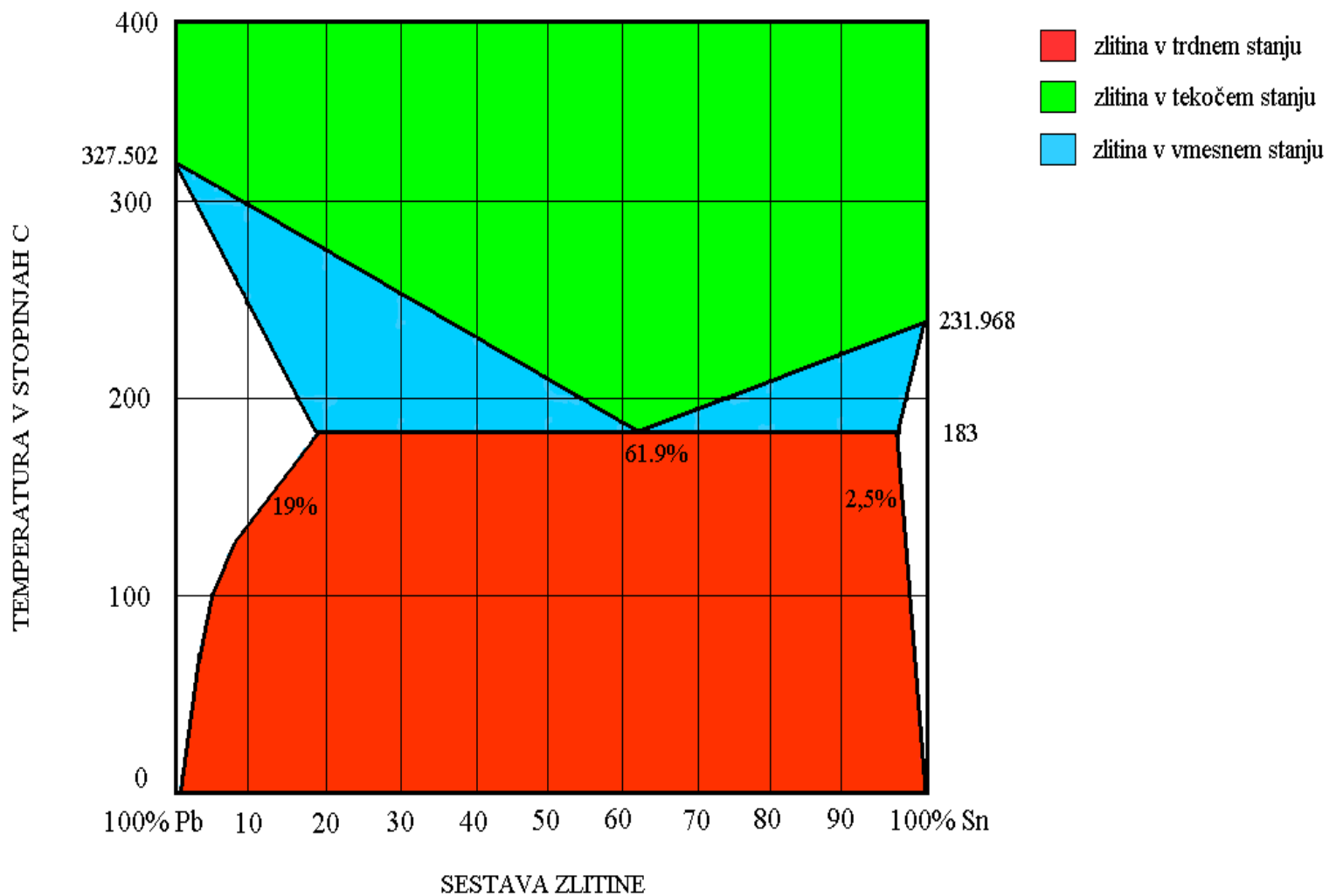
Napake zaradi termičnih obremenitev. Levo: stranski pogled, zgoraj: mikrostruktura področja 2, spodaj: mikrostruktura področja 3

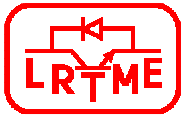


Razpoke v spajki

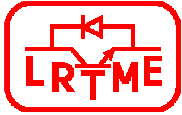


Spajkalne zlitine

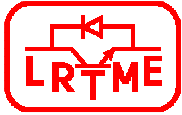




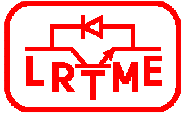
Zlitina	Temperatura tališča [°C]
Sn63Pb37	183
Sn60Pb40	183 – 190
Sn55Pb45	183 – 203
Sn50Pb50	183 – 214
Sn45Pb55	183 – 225
Sn40Pb60	183 – 238
Sn35Pb65	183 – 247
Sn30Pb70	183 – 258
Sn25Pb75	183 – 268



Sn20Pb80	183 – 280
Sn10Pb90	268 – 302
Sn05Pb95	301 – 314
Sn96,5Ag3,5	221
Sn96Ag04	221 – 229
Sn95Ag05	221 – 245
100%Sn	232



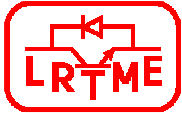
Sn95Sb05	232 – 240
Sn62Pb36Ag02	179 – 189
Sn60Pb36Ag04	179 – 246
Sn10Pb88Ag02	268 – 299
Sn05Pb93.5Ag1.5	296 – 301
Sn05Pb92.5 Ag2.5	280
Sn43Pb43Bi14	144 – 163



Alternativni materiali in zlitine

V zadnjih letih se zaradi ROHS direktive vse bolj uporabljajo zlitine brez svinca.

SnAgCu
SnAg3,5
SnCu
SnAgBi
SnAgBiCu
SnBi
SnZn+(Ag/Bi/In/Cu)

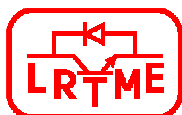


Zlitina SnAgCu

Zlitina SnAgCu se večkrat omenja kot primerna zamenjava za zlitino SnPb.

Glavne lastnosti te zlitine so:

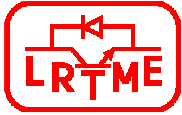
- podobna zanesljivost kot pri zlitini SnPb do 125 °C ter boljša zanesljivost pri višjih temperaturah;
- višja natezna trdnost pri višjih temperaturah;
- baker je poceni kovina, široko uporabna v elektronski industriji;
- razpoložljivost kositra, srebra in bakra je zadostna;
- kositer ni strupen, srebro in baker pa sta manj strupena kot svinec in sestavljata manjši del zlitine;
- dodatki drugih elementov (na primer bizmuta) bistveno ne znižajo temperature tališča.



Termomehansko obnašanje spajkanega spoja



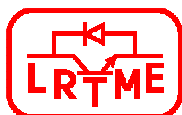
Spajka	Število ciklov do odpovedi (vrsta razpoke)	Primarne napake
90Pb-10Sn	20 (stična)* 45 (vezna)**	večja razpoka, sekundarne razpoke, deformacija, zrnatost
97Sn-2Cu-0,8Sb-0,2Ag	60 (stična)	podobno kot 90Pb-10Sn
97Sn-3Cu	100 (stična) 300 (vezna)	podobno kot 90Pb-10Sn
95,5Sn-4Cu-0,5Ag	30 (stična)	podobno kot 90Pb-10Sn
95Bi-5Sb	50 (stična in vezna)	večja razpoka, sekundarne razpoke
63Sn-37Pb	>200 (stična in vezna)	večje razpoke, sekundarne razpoke, raskavost, deformacija
96,5Sn-3,5Ag	>70 (stična in vezna)	večja razpoka



Fluksi za spajkanje

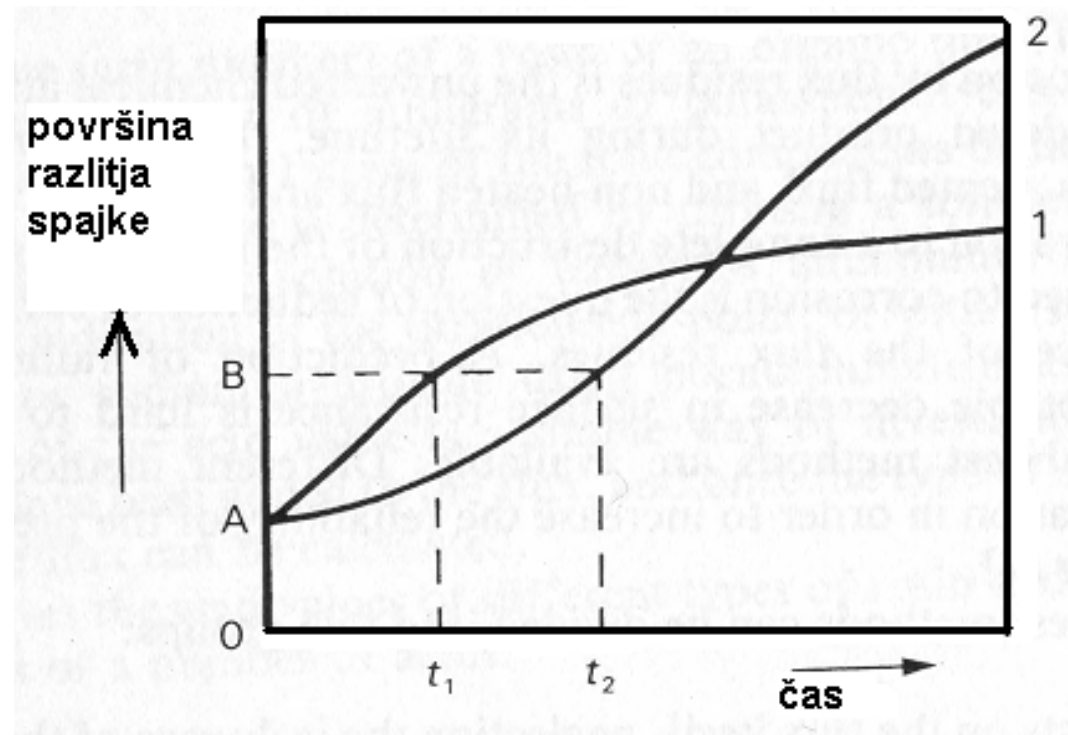
Fluksi imajo naslednje funkcije:

- kemično odstranijo morebitno onesnaženost s površine, predvidene za spajkanje, in zaščitijo očiščeno površino pred ponovno oksidacijo;
- termično pomagajo pri prenosu toplote iz izvora na mesto spajkanja;
- fizično se pustijo izpodriniti tekoči spajki, kar omogoči kontakt spajke in kovinske površine.

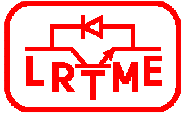


1. številka tip fluksa	2. številka osnovna sestavina fluksa	3. številka aktivator v fluksu	črka oblika fluksa
1. kolofonija	1. naravna kolofonija 2. sintetična kolofonija	1. brez dodanega aktivatorja 2. aktiviran s halogenim elementom 3. aktiviran brez halogenih elementov	A tekočina B trdna snov C pasta/ gel
2. organske kisline	1. topen v vodi 2. netopen v vodi		
3. anorganski	1. soli	1. aktiviran z amonijevim kloridom 2. brez amonijevega klorida	
	2. kisline	1. aktiviran s fosforno kislino 2. aktiviran z drugimi kisljinami	
	3. baze	1. amini ali amoniak	

Učinkovitost fluksa



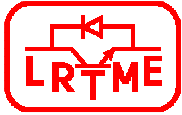
Test razlitja spajke pri uporabi dveh različnih fluksov



Fluks, ki deluje dobro pri določenem času in temperaturi, lahko pri drugačnih pogojih ne deluje zadovoljivo.

Stopnja kemične aktivnosti fluksa se mora tako prilagajati spajkalnemu procesu:

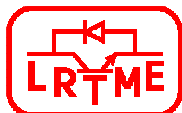
- pri hitrih procesih morajo fluksi razviti svojo aktivnost zelo hitro – dopušča se, da so nestabilni;
- pri počasnih procesih pa mora biti fluks bolj stabilen in mora imeti dolgotrajnejše zmožnosti zaščite.



Izbor fluksa

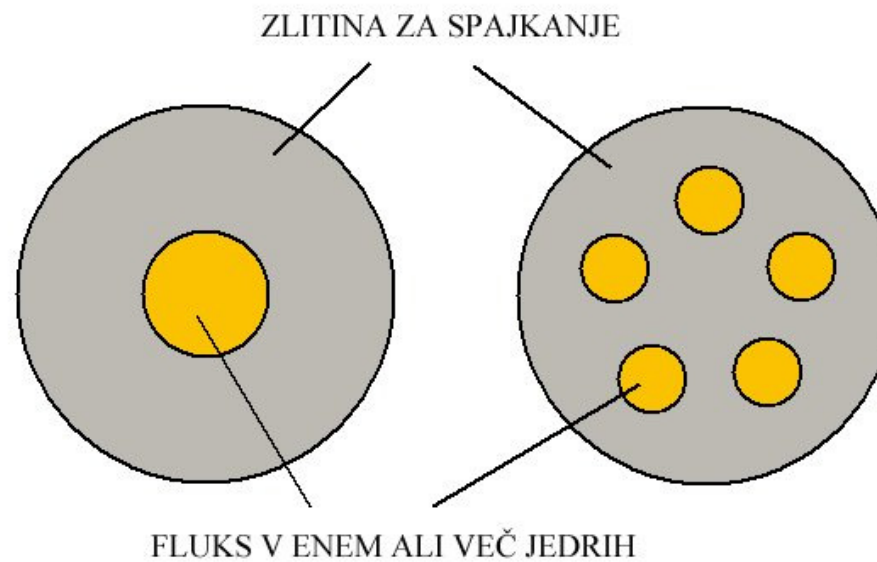
Na izbor fluksa vpliva več dejavnikov:

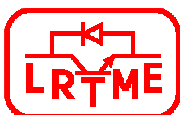
- učinkovitost fluksa, kar pomeni zmožnost izboljšanja omočljivosti. Učinkovitost je v tesni povezavi s kemično aktivnostjo fluksa;
- korozivnost hlapov ali ostankov in njihov vpliv na produkte spajkanja po končanem spajkalnem postopku;
- električna upornost ostankov;
- sposobnost odstranitve ostankov (če je potrebna);
- temperatura spajkanja.



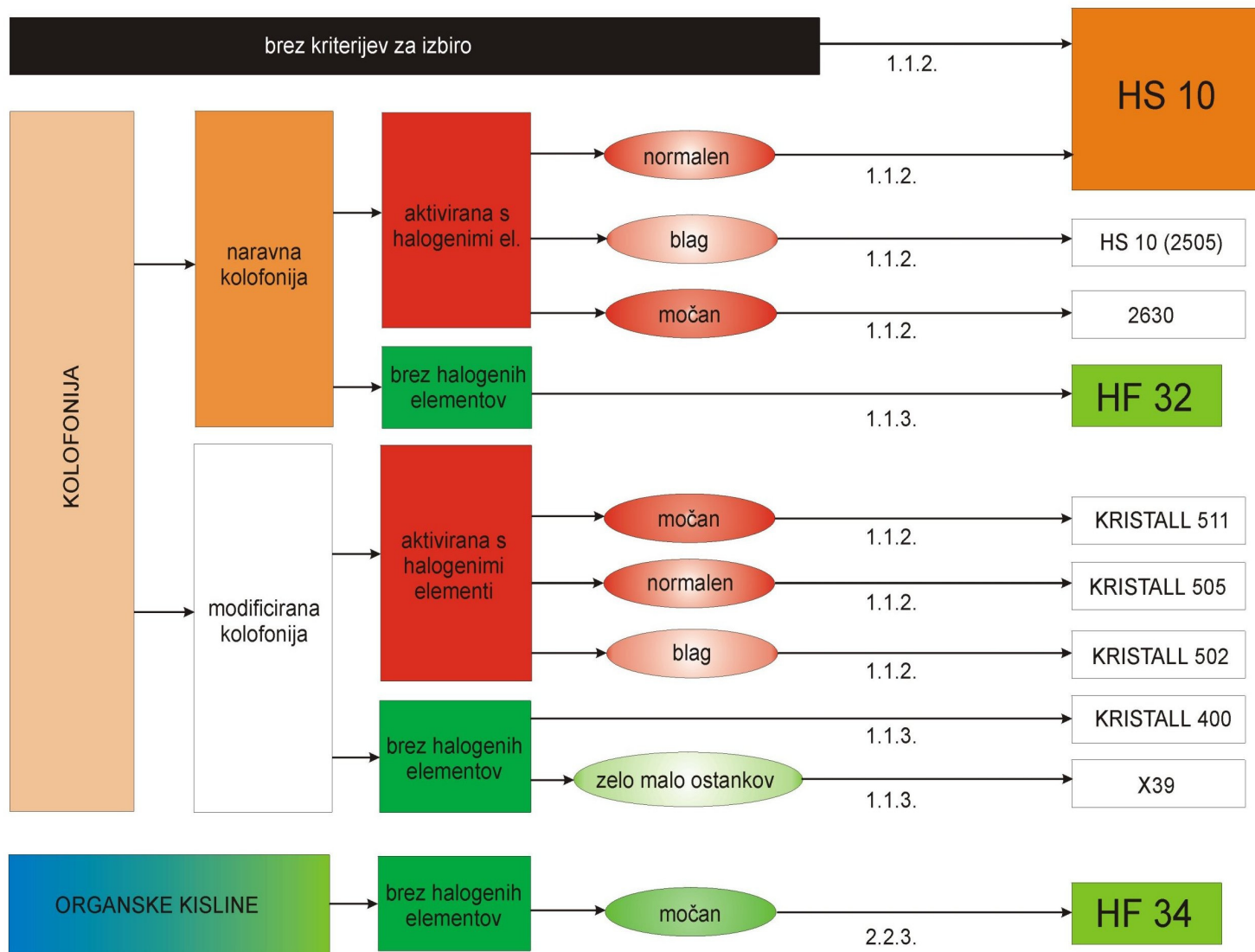
Kovina	1. Tip fluksa						
	A	B	C	D	E	F	G
Obdelan aluminij							•
Potemnjen aluminij							•
Berilij	ni spajkljiv						
Medenina (površini morati biti temeljito očiščeni)			•	•	•	•	
Bron			•	•	•	•	
Lito železo (površini morati biti temeljito očiščeni)					•	•	
Krom	ni spajkljiv						
Baker	•	•	•	•	•	•	
Galvanizirano jeklo			•	•	•	•	•
Zlato		•	•	•	•	•	
Svinec		•	•	•	•	•	
Magnezij	ni spajkljiv						
Manganin					•	•	
Nikelj			•	•	•	•	
Paladij		•	•	•			
Platina		•	•	•			
Srebro	•	•	•	•	•	•	
Nerjaveče jeklo						•	
Jeklo				•	•	•	
Titan	ni spajkljiv						
Cink			•	•	•	•	•

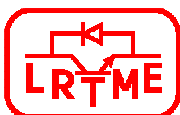
Spajkalne žice



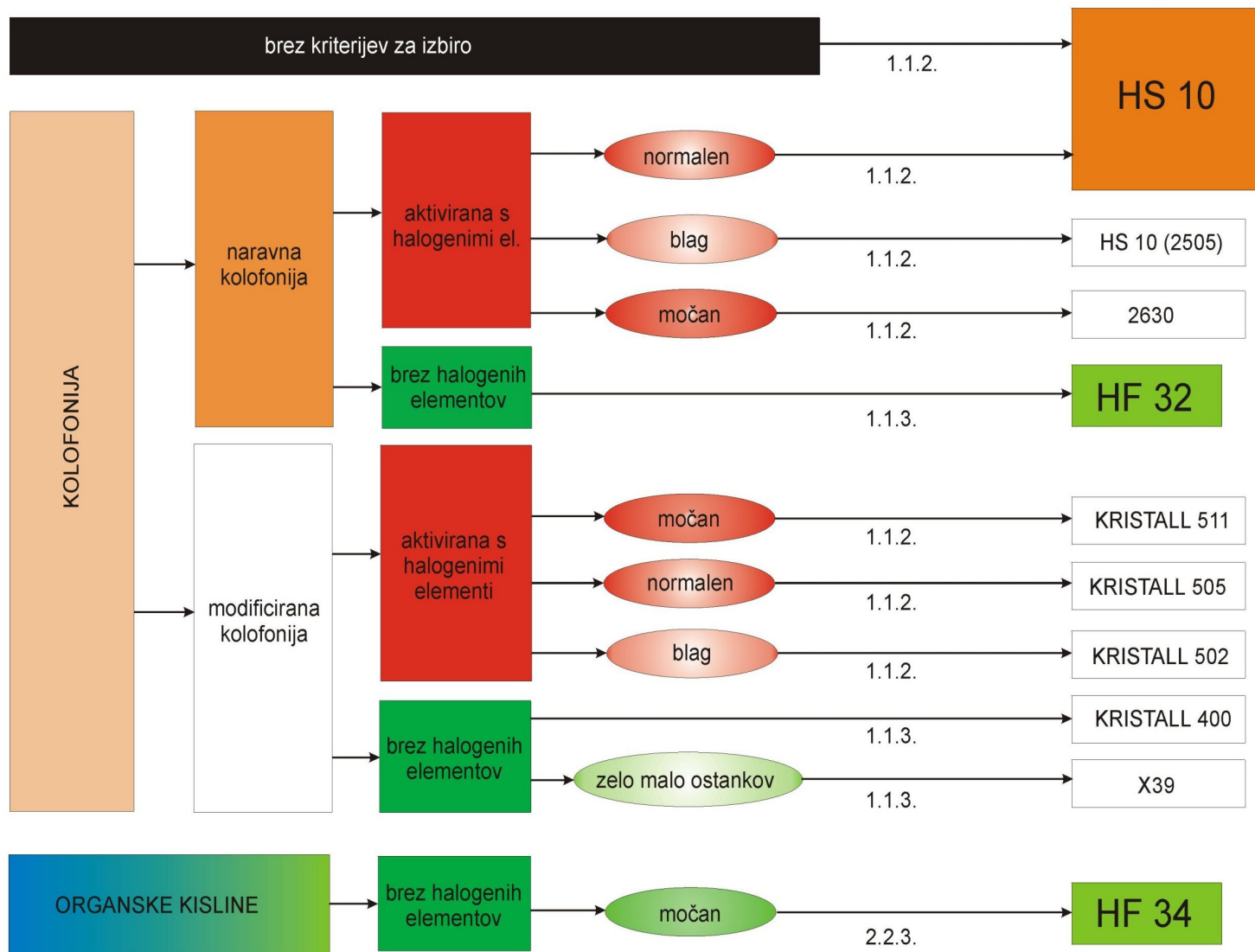


VODIČ PRI NAKUPU STANNOL SPAJKALNE ŽICE





VODIČ PRI NAKUPU STANNOL SPAJKALNE ŽICE



Testiranje spajk



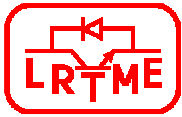
Rezultat testiranja omočljivosti STANNOL-ove spajkalne žice HS 10 (desno) in konkurenčne (levo)



Rezultat testiranja omočljivosti STANNOL-ovih spajkalnih žic HF 34 (levo) in HS 10 (desno)

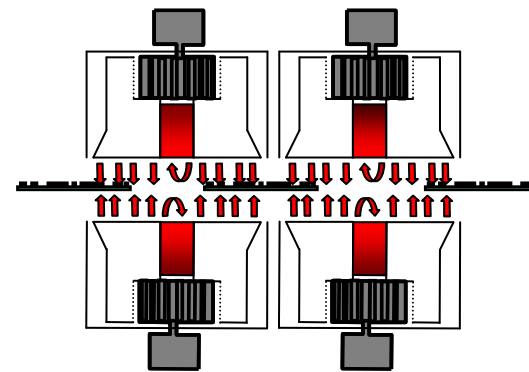


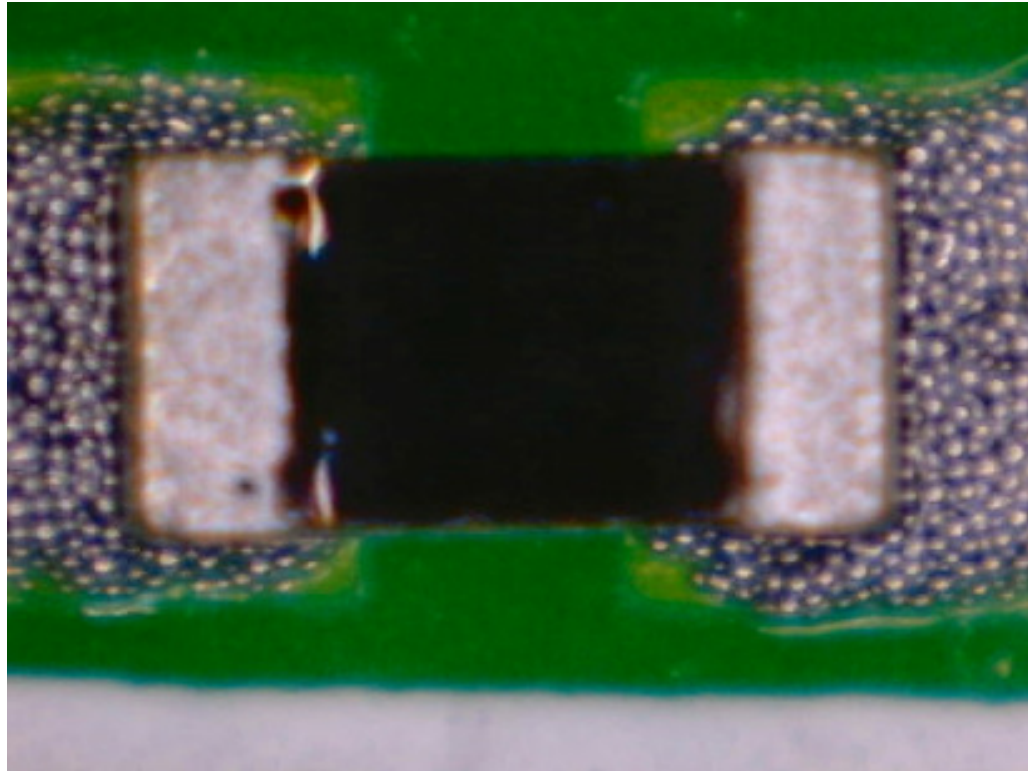
Rezultat testiranja omočljivosti ALMIT-ove spajkalne žice KR19 (levo) in konkurenčne (desno)



Rezultat testiranja omočljivosti spajkalne žice brez fluksa

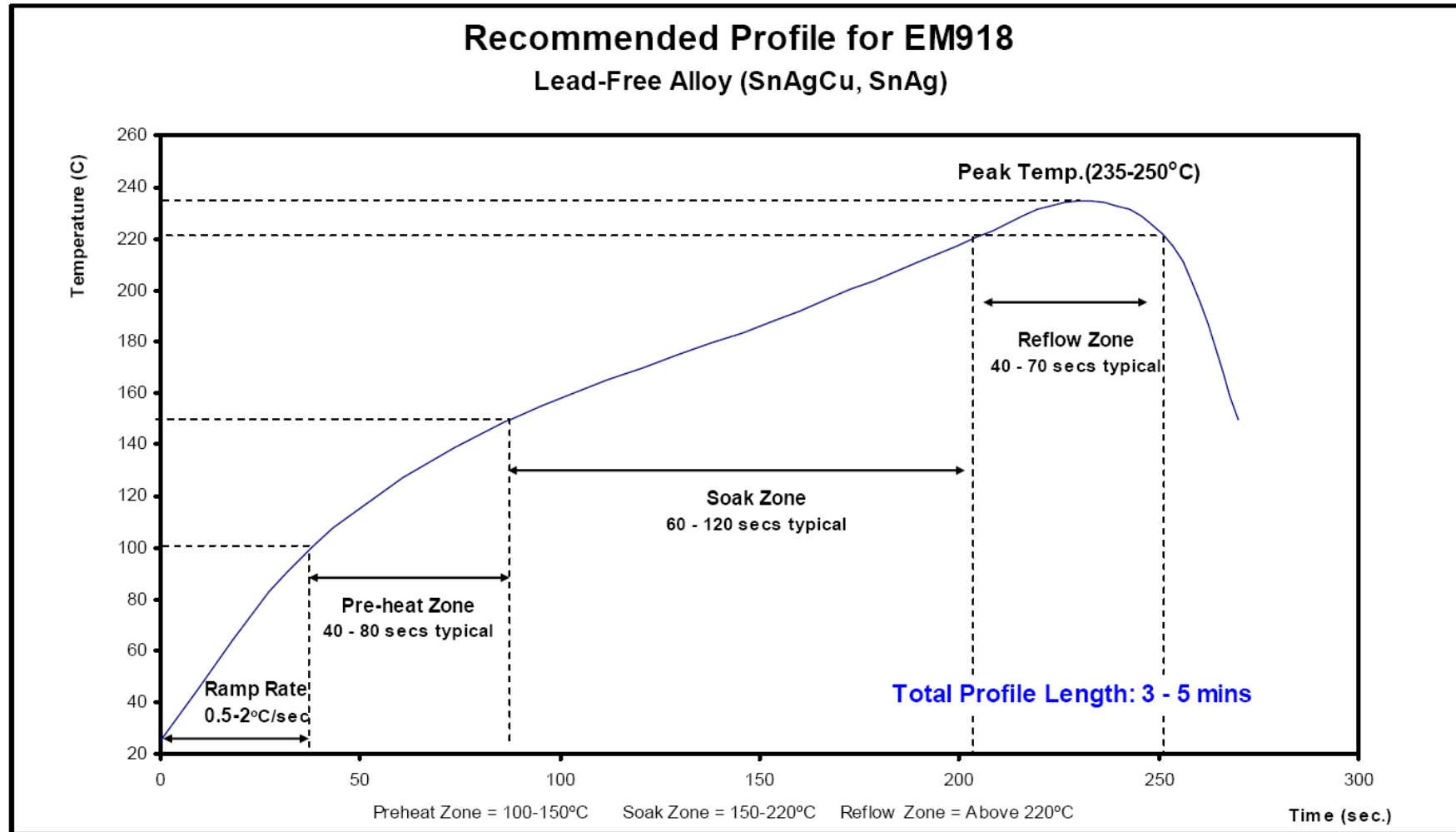
Spajkanje s pretaljevanjem (reflow)

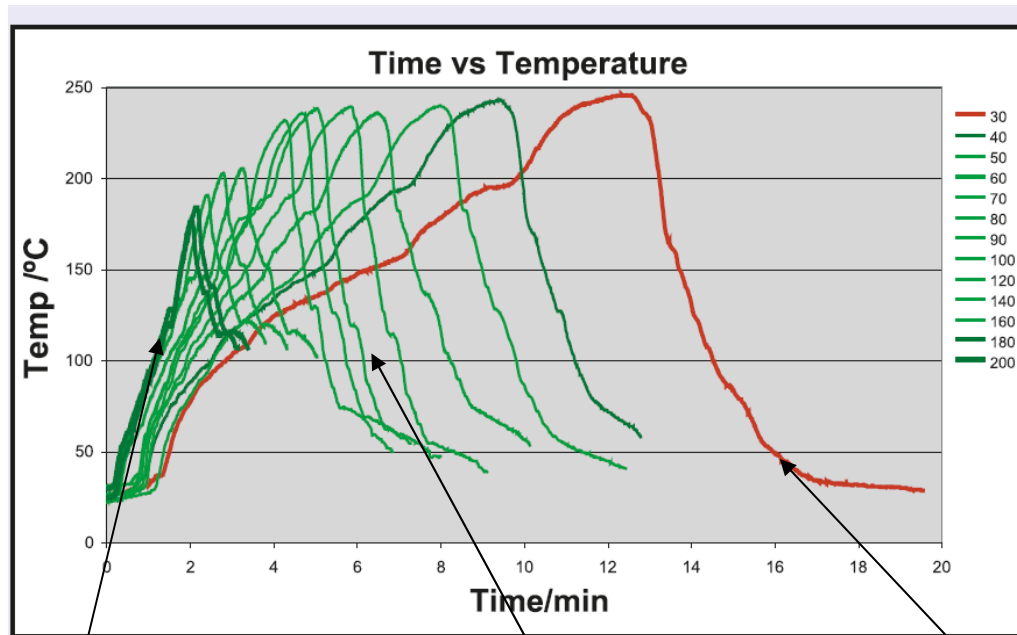




Spajkalna pasta pod mikroskopom

Temperaturni profil spajke EM918





Prenizka temperatura –
slabo zlitje



Optimalno reflow
procesno okno

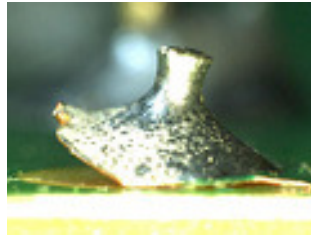


Previsoka temperatura –
temne usedline

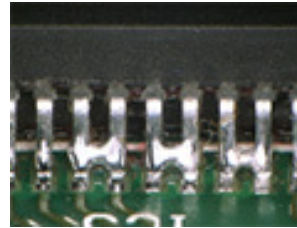
Tipične napake spajkanja (reflow) in ročnega spajkanja

ročno spajkanje

reflow spajkanje



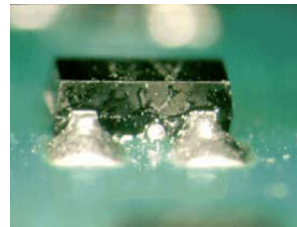
posledica oksidacije in
slabe omočljivosti



mostičenje



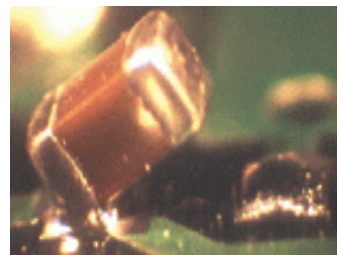
preveč segret spoj



skeplanje spajke



preveč spajke

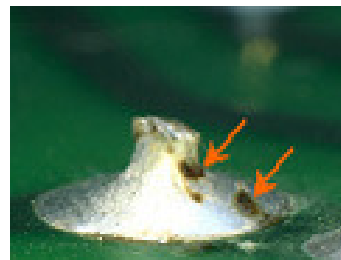


deformacija

ročno spajkanje



slaba omočljivost

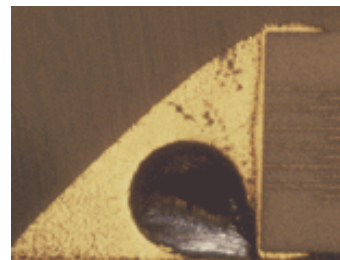


poroznost

reflov spajkanje



slaba omočljivost



poroznost