

TEHNOLOGIE ELECTRONICĂ

Curs 4 - Tehnologia conexiunilor prin lipire în electronică

1. Generalități. Bazele teoretice ale lipirii

Lipirea este un procedeu de îmbinare la cald a pieselor metalice, în care se folosește un metal de adaos, numit *aliaj de lipit*, diferit de metalele de bază. Lipiturile pot fi:

- **lipituri moi**, când temperatura de topire a aliajului de lipit - este mult inferioară față de a metalelor de bază;
- **lipituri tari**, când aliajul de lipit are temperatura de topire comparabilă cu a metalelor de bază.

În fabricarea pieselor, componentelor și dispozitivelor electronice se folosesc atât lipituri moi cât și lipituri tari, în proporții apropiate, în schimb, la asamblarea, interconectarea componentelor, pentru realizarea circuitelor, subansamblelor și aparatelor electronice, îmbinările prin *lipituri moi* dețin de departe cea mai mare pondere.

Lipirea este condiționată de o serie de procese fizico-chimice, care se petrec la contactul dintre aliajul de lipit topit (lichid) și metalele de bază (solide). Pentru realizarea lipirii este necesar ca aliajul de lipit topit să *umezească* (umezească) metalele de bază, pentru a se crea legături strânse între cele două materiale, cu consecința apariției *difuziei* de atomi de aliaj în metalele de bază și a atomilor acestora în aliaj.

Umezirea unui metal de către aliajul topit se datorează forțelor care apar la contactul aliaj - metal de bază - fig. alăturată; Suprafața liberă a picăturii este perpendiculară pe forța rezultantă (F_r) a forțelor: de adeziune metal de bază - aliaj (F_{am}), de adeziune aliaj - mediu¹ (F_{af}) și de coeziune a aliajului (F_c). Un contact bun, deci o umezire bună a metalului de bază se realizează când rezultanta este aproape perpendiculară pe metalul de bază; din acest motiv, înclinarea tangentei la suprafața picăturii - unghiul θ (egal cu unghiul dintre F_r și perpendiculara pe suprafața metalului de bază) se numește *unghi limită de umezire* sau *unghi de contact*, iar $\cos\theta$ se numește *coeficient de umezire*, ambele reprezentând măsura gradului de umezire și în consecință o primă apreciere a calității lipirii - tabelul 1.

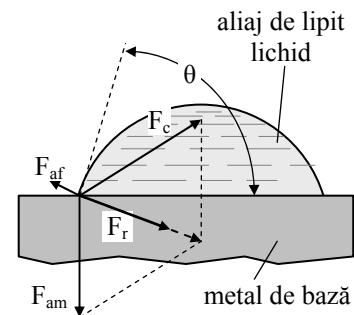


Fig. Forțe la contactul aliaj de lipit – metal de bază

Tensiunile superficiale, mai ales ale aliajului lichid și dintre metalele de bază și aliaj, sunt destul de mari, determinând existența *capilarității*, fenomen deosebit de important la lipirea pieselor electronice. Datorită capilarității, aliajul topit pătrunde și umple spațiile înguste dintre piese, asigurând lipirea, numită adesea *lipire capilară*.

Capilaritatea apare dacă interstițiile sunt destul de mici (sub 0,25 mm) și este favorizată de rugozitățile mici ale suprafețelor, mai ales dacă sunt sub formă de canale (rizuri); pe suprafețe lustruite

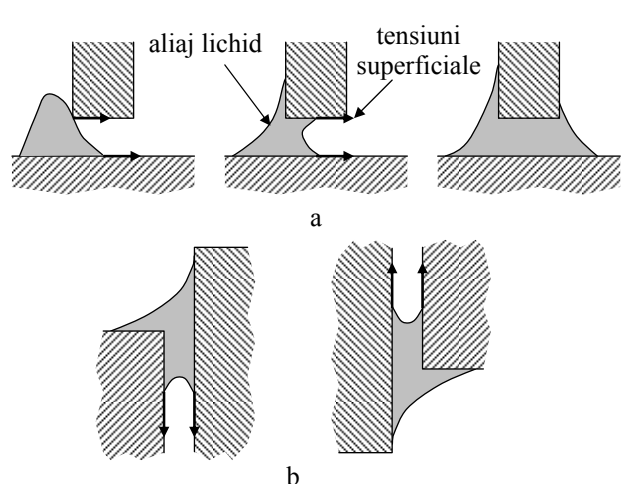
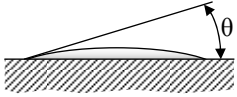
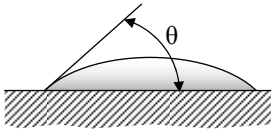
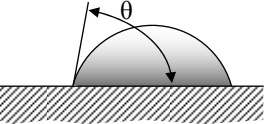
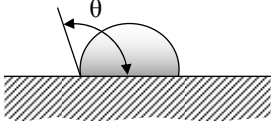


Fig. Lipirea capilară orizontală (a) și verticală (b)

¹ Mediul de deasupra picăturii de aliaj este un amestec lichid provenit din topirea fluxului de lipire, gaze produse prin fierberea și arderea fluxului și aer.

capilaritatea este redusă, întinderea slabă, din care motiv se recomandă ca suprafețele, mai ales de cupru, să aibă aspect „satinat” - asperități mici.

Tabel 1. Calitatea umezirii în raport cu unghiul de contact

Forma picăturii de aliaj topit	Unghiul de contact	Calitatea umezirii	Calitatea lipiturii
	0° ... 15°	foarte bună	foarte bună
	15° ... 75°	bună	bună
	75° ... 90°	satisfăcătoare	satisfăcătoare mediocră
	90° ... 180°	nesatisfăcătoare	nu se realizează lipire

Umectarea bună, prima condiție pentru o lipitură de bună calitate, este posibilă numai dacă suprafețele metalelor și aliajului sunt perfect curate pe toată durata procesului de lipire. Rolul de a curăța suprafețele și de a împiedeca impurificarea, revine substanțelor numite *fluxuri pentru lipire*.

Fluxurile (fondanții) pentru lipire au două funcții esențiale:

- dizolvă și îndepărtează impuritățile de pe suprafețele metalelor înainte de întinderea aliajului topit și
- protejează suprafețele, să nu se impurifice în timpul lipirii. În secundar, asigură și reducerea tensiunii aliaj - mediu (gaz), favorizând întinderea.

Lipirea are loc în mai multe etape (fig. de mai jos):

- încălzirea metalelor de bază și de adaos până la temperatura de topire a aliajului (t_a), timp în care se produce topirea fluxului, întinderea acestuia și îndepărtarea impurităților;
- topirea aliajului;
- continuarea încălzirii până la temperatura de lipire ($t_l > t_a$) care se menține un timp, în care are loc umezirea, întinderea aliajului, umplerea interstițiilor, dizolvarea metalelor de bază în aliaj și difuzia reciprocă a moleculelor;
- îndepărtarea sursei de căldură, răcirea metalelor și solidificarea aliajului.

La temperatura de lipire au loc și procese fizico-chimice nedorite (reacții, recristalizări, ...) care înrăutățesc calitatea lipiturii. Este necesar ca temperatura și durata încălzirii (lipirii) să nu depășească valorile necesare.

Temperatura de lipire (t_l) este întotdeauna superioară temperaturii de topire completă a aliajului (t_a), cu cel puțin 25 – 30 °C.

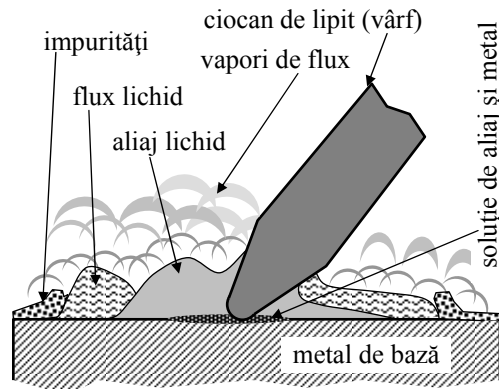


Fig. Procese în timpul lipirii

2. Aliaje pentru lipituri moi.

2.1. Generalități. Cerințe

Aliajele pentru lipituri moi trebuie să îndeplinească o serie de cerințe, printre care:

- să aibă compoziție chimică diferită de a metalelor de bază;
- să aibă temperatura de topire cu cel puțin 50 °C inferioară față de a metalelor de bază;
- în stare topită să aibă fluiditate bună și tensiune superficială redusă, să umecteze bine metalele de bază, să aibă întindere și însușiri capilare bune;
- să aibă stabilitate chimică și structurală;
- să aibă conductibilitate electrică mare, rezistență mecanică mare și coeficient de dilatare apropiat de al metalelor de bază;
- să aibă preț de cost redus.

După temperatura de topire, aliajele pentru lipituri moi sunt:

- *aliaje ușor fuzibile*, cu temperatură de topire sub 450 °C, pe bază de staniu (Sn), plumb (Pb), cadmiu (Cd), bismut (Bi), zinc (Zn);
- *aliaje greu fuzibile*, cu temperatură de topire peste 450 °C, pe bază de cupru (Cu), argint (Ag), nichel (Ni), mangan (Mn).

În electronică, de departe cele mai folosite pentru asamblarea componentelor, sunt aliajele ușor fuzibile, pe bază de Sn și Pb.

2.2. Aliaje de lipit pe bază de staniu și plumb - aliajele clasice

Staniul (cositor) este un metal alb-argintiu cu nuanțe albastrii, maleabil, rezistent la coroziune, cu oxidare lentă. La temperaturi sub $-13,2^{\circ}\text{C}$, Sn suferă o modificare alotropică însoțită de o schimbare bruscă de volum care duce la transformarea într-o pulbere cenușie. Din acest motiv, Sn pur nu se utilizează pentru lipire. Se utilizează însă aliat, deoarece cantități de peste 0,3 – 0,5% Bi sau peste 0,5% Pb înlătură aproape complet transformarea. Staniul este scump și deficitar.

Plumbul este un metal cenușiu-albăstrii, cu luciu caracteristic după secționare; se oxidează repede, formând o peliculă cenușie, aderentă, care protejează metalul de atacurile mediului. Este moale, ductil, puțin rezistent la rupere, dar foarte rezistent la acizi. Având temperatură de topire ridicată și umectare redusă pe cupru, pentru lipituri, plumbul se folosește aliat cu staniul. Este ieftin.

Din **diagrama de echilibru a aliajului Sn+Pb** (fig. alăturată) se observă că temperatura de topire minimă a aliajului (t_m) se realizează în punctul eutectic (E), la 183°C , cu 61,9% Sn și 38,1% Pb.

Însușirile de lipire ale aliajelor Sn+Pb depind de compoziție:

- *aliajele cu conținut mare de Sn* (65 – 98% Sn) sunt foarte bune pentru lipire, stabile, dar scumpe - nu se folosesc pentru lipiri în electronică;
- *aliajele cu conținut mărit de Sn* (50 – 65% Sn) au cele mai scăzute

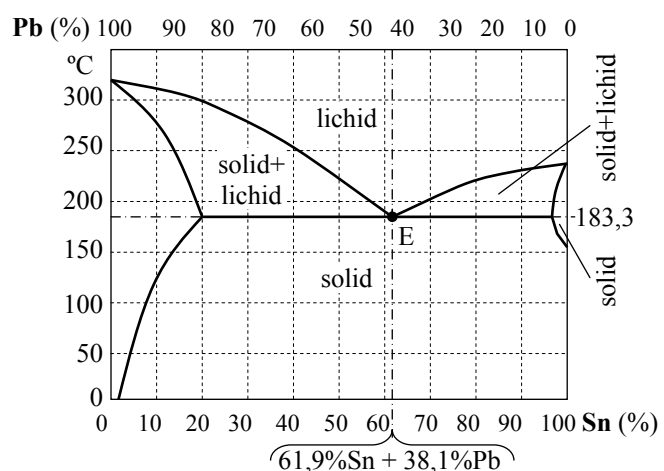


Fig. Diagrama de echilibru a sistemului Staniu + Plumb

temperaturi de topire (183 – 220°C), sunt foarte bune pentru lipituri (fluiditate și capacitate de umezire bună) și sunt de departe cele mai folosite în electronică (și electrotehnică);

- *aliajele cu conținut mediu de Sn* (30 – 50% Sn) lipesc bine multe metale (inclusiv fier și aliaje de fier) și sunt mult folosite în general; având temperaturi de topire mai mari sunt relativ puțin folosite în electronică;
- *aliajele cu conținut redus de Sn* (sub 30% Sn) au temperaturi de topire destul de mari, nu lipesc prea bine și nu se folosesc în electronică.

Pentru lipiri în electronică cele mai folosite sunt aliajele Sn+Pb de înaltă puritate (total impurități sub 0,5 %); unele caracteristici ale acestora apar în tabelul 2.

Tabel 2. Aliaje de lipit Sn – Pb, codificări și unele proprietăți

Marca aliajului	Simbol de marcare	%Sn (rest Pb)	Temperaturi de topire (°C)		Conductibilitate electrică (% față de Cu)	Conductibilitate termică (% față de Cu)	Utilizări
			început	sfârșit			
BPb62Sn 183-245	Lp37	36-38	183	245	9,9	9,5	Lipire manșoane de Pb la conducte și cabluri
BPb59Sn 183-233	Lp40	39-41	183	225	10,1	10,2	Lipirea conductorilor în electrotehnică, lipirea pieselor din aliaje Cu-Zn
BSn49Pb 183-215	Lp50	49-51	183	215	11,0	11,0	Lipirea pieselor, în electronică și electrotehnică
BSn59Pb 183-190	Lp60	59-61	183	190	11,5		Lipituri fine în electronică și electrotehnică
BSn62Pb 183-185	Lp63	62-64	183	185	11,5	11,9	Lipituri fine în electronică, pe cablaje imprimate, pentru SMD-uri
BSn64Sn 183-185	Lp65	64-66	183	185			Lipituri fine în electronică, pe cablaje imprimate, pentru SMD-uri

Codificare, denumire și compoziție - după STAS 96-80 și 10881-77; total conținut impurități: sub 0,5 %.

Destul de frecvent, în aliajele Sn+Pb se introduc și mici cantități de *metale de adaos* pentru îmbunătățirea unor proprietăți (adesea însă înrăutățesc altele); printre cele mai folosite sunt:

Adaosurile de stibiu [antimoniu] (Sb) cresc rezistența mecanică; sub 0,3% îmbunătățesc capacitatea de umezire iar peste 3,7% o reduc; se produc aliaje Sn+Pb+St cu 0,2 – 0,5% Sb (Lp50Sb și Lp63Sb) și cu 2,3-2,8% Sb (Lp40Sb).

Adaosurile de argint (Ag), în cantități mici (1 – 5%, uzual 1 – 2%) asigură conductivitate mai mare și însușiri mecanice superioare însă sunt mai scumpe; se folosesc mult în SUA.

Adaosurile de cadmiu (Cd) și bismut (Bi) reduc temperatura de topire dar au efecte contradictorii și sunt foarte rar utilizate.

Din diverse motive, în aliaj apar substanțe cu efecte nedorite - *impurități*, ale căror efecte sunt succint prezentate în continuare.

Oxigenul este absorbit din aer, în aliajul topit, formând compuși cu Sn, Pb și alte substanțe. Ca urmare, la suprafața aliajului se formează o „zgură” care se poate depune pe

cablaje, cu efecte neplăcute. Zgura este ușor de înlăturat cu mijloace mecanice, cele chimice nefiind eficiente.

Cuprul, fiind foarte solubil în aliajul topit², impurifică rapid băile de lipit și reduce calitatea lipiturilor (în special se reduce capacitatea de umezire).

Sulfur, aluminiul și zincul sunt impurități foarte dăunătoare chiar în cantități foarte reduse; prezența acestor elemente trebuie evitată deoarece duce la scăderea drastică a sudabilității cuprului. Este cu desăvârșire interzisă folosirea uneltelor din aluminiu, a celor zincate, a plumbului recuperat de la acumuloare.

Limitele de contaminare a băilor de aliaj Sn+Pb cu diverse substanțe și unele consecințe sunt indicate în tabelul 3.

Tabel 3. Limitele admise pentru contaminarea băilor de lipire cu aliaje Sn+Pb

Contaminant	Limitele de contaminare		Efecte caracteristice ale contaminării
	Precositorire	Lipire	
Cupru	0,750%	0,300%	Aliajul devine „grăunțos”, formează „punți”, scade umezirea
Aur	0,500%	0,200%	Aliajul devine „grăunțos”, formează „punți”, țurțuri
Cadmiu	0,010%	0,005%	Scade umezirea, lipituri poroase, oxidate
Zinc	0,008%	0,005%	Lipituri fragile, poroase, grăunțoase, oxidate
Aluminiu	0,008%	0,006%	Lipituri fragile, grăunțoase, oxidate
Stibiu	0,500%	0,500%	Scade umezirea
Plumb	0,020%	0,020%	Aliajul devine grăunțos, relipirea dificilă
Arsen	0,030%	0,030%	Scade umezirea, lipituri cu bule
Bismut	0,250%	0,250%	Scade temperatura de topire, suprafețe oxidate
Argint	0,750%	0,100%	Posibilă reducere a fluidității
Nichel	0,025%	0,010%	Formează compuși greu solubili, lipituri fragile

În electronică se folosesc uneori și *aliaje de lipit speciale*. Printre acestea sunt:

- *aliajele cu indiu (In)*, scumpe, dar care permit lipirea aluminiului, zincului, titanului, wolframului, sticlei, ceramicii și a altor materiale frecvent utilizate în electronică; sunt însă necesare fluxuri și tehnologii de lipire speciale;
- *aliajele cadmiu-zinc (Cd+Zn)*, având o foarte mare rezistență la coroziune se folosesc în aparatura pentru medii agresive - mediu marin, tropical etc.;
- *aliajele cu bismut (Bi)* au temperaturi de topire scăzute (50 – 150°C); aliajul 60% Bi + 27% Pb + 13% Sn are $t_{ta} = 70^{\circ}\text{C}$ iar aliajul 42% Sn + 58% Bi are $t_{ta} = 138^{\circ}\text{C}$.

Formele de prezentare a aliajelor de lipit, de către fabricanți, depind de tehnologia de lipire utilizată.

Pentru lipire în băi sau instalații cu val se folosesc *blocuri* (lingouri) sau bare de aliaj, cu forme uzual paralelipipedice.

Pentru lipirea cu ciocanul de lipit se folosesc, aliaje de lipit *tubulare* cu spațiul interior umplut cu pastă de flux activat, asigurând aportul concomitent al aliajului și al cantității necesare de flux; diametrele uzuale variază de la 0,5 mm la peste 3 mm.

Pentru lipirea componentelor cu

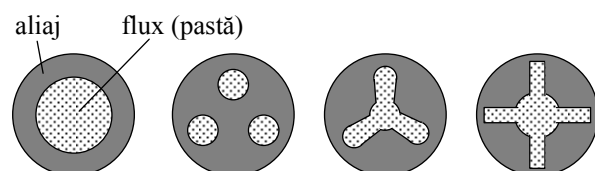


Fig. 6. Aliaje de lipit tubulare

² Un fir de Cu Cu cu $\Phi = 0,1\text{mm}$ este dizolvat în circa 1 minut. Vârful de lipit se „consumă” tocmai din cauza acestei solubilități.

montare pe suprafață se folosește **pastă de aliaj de lipit**, formată din aliaj sub formă pulbere - particule de 20 – 150 μm, înglobate în pastă de flux activat, cu eventual adaos de liant. Pasta se depune (prin serigrafie, prin șabloane) pe punctele (suprafețele) de lipire ale cablajului, apoi se așează piesele și se încălzește. Pulberea de aliaj se obține prin precipitare chimică, prin injecție de aliaj lichid în vid sau gaz inert prin ajutaje foarte înguste, prin depunere galvanică sau prelucrare mecanică. Cele mai bune pulberi sunt cele cu particule sferice; dimensiunile optime ale particulelor, procentul de aliaj în pastă, viscozitatea pastei și alte caracteristici depind de tehnologia de aplicare și de lipire.

Pentru anumite aplicații, se furnizează și aliaj de lipit în formă de folii, benzi sau cu contururi preformate (*preforme* - inele, cilindri, sfere), acoperite sau nu cu flux.

2.3. Aliaje de lipit fără plumb - aliaje noi

Plumbul este un material poluant, care se reintegrează greu în natură. De aceea se intenționează reducerea utilizării acestuia. Industria electronică este unul dintre utilizatori (are un consum de 10 % din cantitate totală utilizată anual pe glob, care este de 5 milioane de tone).

Plumbul se regăsește în principal în aliajul de lipit, care este aliaj SnPb. Astfel sunt utilizate anual 75000 de tone de plumb pentru cablajele imprimate (PCB = printed circuit board). Legislația în vigoare limitează utilizarea plumbului în electronică.

Aliajele de lipit fără plumb ("lead-free solder alloys") care vor înlocui aliajele cu plumb folosite până în prezent trebuie să aibă următoarele **proprietăți** de bază:

- temperatură de topire cât de joasă posibil;
- proprietăți fizice cel puțin tot la fel de bune (fluiditate, tensiune superficială) ca și aliajele de SnPb;
- rezistență la șoc termic;
- să fie anti-corozive sau să se oxideze greu.

Alte cerințe:

- cost redus;
- să se găsească relativ ușor;
- să nu fie toxice.

Proprietăți necesare pentru o bună utilizare:

- să umezească bine suprafața și să se întindă bine;
- reactivitate minimă cu fluxurile;
- să formeze goluri interne cât mai puține la solidificare;
- să formeze cât mai puțin granule de aliaj.

Aliajele de lipit fără plumb, care înlocuiesc aliajele SnPb, conțin Sn ca metal de bază și unul sau mai multe din următoarele metale (se dau exemplele cele mai utilizate):

- argint (Ag);
- indiu (In);
- zinc (Zn);
- cupru (Cu);
- bismut (Bi);
- stibiu (Sb).

Exemple de aliaje de lipit fără plumb:

- | | |
|--------------|-------------------|
| – Sn-58Bi | – Sn-Zn-Bi-In |
| – Sn-42In | – Sn-Zn-P |
| – Sn-50In | – Sn-8.8In-27.6Zn |
| – Sn-8Zn-3Bi | – Sn-20In-2.8Ag |

- | | |
|------------------------|------------------------|
| - Sn-10.5In-2Ag-0.5Sb | - Sn-4.7Ag-1.7Cu |
| - Sn-9.5Bi-0.5Cu | - Sn-Ag-Cu-Ge |
| - Sn-0.7Cu | - Sn-2.5Ag-0.8Cu-0.5Sb |
| - Sn-1Cu | - Sn-Ag-Bi |
| - Sn-2.5Ag | - Sn-1.5Ag-2Bi-0.5Cu |
| - Sn-3.5Ag | - Sn-1Sb |
| - Sn-5Ag | - Sn-5Sb |
| - Sn-3.4Ag-1.2Cu | - 80Au -20 Sn |
| - Sn-3.4Ag-1.2Cu-3.3Bi | - Sn-3Cu |
| - Sn-3.5Ag-0.7Cu | - Sn-25Ag-10Sb |
| - Sn-4Ag-0.5Cu | |

Ex.

- aliajele de Sn In, cum ar fi: SnIn52, cu $T_{top} = 118^{\circ}\text{C}$ - mai mică decât SnPb; are cost ridicat datorită indiumului și resursele sunt limitate; nu se recomandă;
- aliajele de SnBi, cum ar fi Sn Bi58, cu $T_{top} = 138^{\circ}\text{C}$ - mai mică decât SnPb; prezintă abilități de operare la temperaturi mai scăzute; prezintă faze care se topesc la $T_s = 96^{\circ}\text{C}$;
- aliajele de SnZn, cum ar fi Sn Zn9, cu $T_{top} = 199^{\circ}\text{C}$ - comparabilă cu SnPb; corodează; nu se recomandă;
- aliajele de staniu cu argint și/sau cupru (SAC-uri), cum ar fi: Sn Ag3.8 Cu0.7, cu $T_{top} = 217^{\circ}\text{C}$; Sn Ag3.5, cu $T_{top} = 221^{\circ}\text{C}$; Sn Cu0.7, cu $T_{top} = 227^{\circ}\text{C}$; nu au probleme cu coroziunea; au conductivitate electrică și termică mai bună decât aliajele de SnPb, dar au T_{top} mai mare decât SnPb.

În concluzie, proprietățile principalelor aliaje folosite sunt sintetizate în tabelul:

aliaj	compoziție	$T_{top} [^{\circ}\text{C}]$	caracteristici		preț [% din SnPb]
			avantaje	dezavantaje	
cu temperatură de topire ridicată	SnAg(2-4)Cu(0.5-1)	217-220	-proprietăți mecanice bune (dur); -rezistență la șoc termic; fluiditate bună; -comportare bună în câmp; -gamă largă de produse; -disponibil în pastă, bare, fire.	-punct de topire relativ ridicat; -întindere slabă a aliajului; -este necesar patent de produs nou; -cost relativ ridicat;	240
cu temperatură de topire medie	SnAgCuBiIn	196-208	-punct de topire relativ scăzut; -proprietăți de lipire bune; -capacitate scăzută de a forma goluri interioare; -proprietăți mecanice bune (dur);	-cost foarte ridicat; -necesită o selectare cu multă atenție a compoziției; -este necesar patent de produs nou;	290
	SnZn(8-9)Bi(0-3)	187-199	- punct de topire scăzut; -proprietăți mecanice și fluiditate bune	-reactivitate considerabilă; oxidează; -lipire slabă; -necesită barieră (acoperire) de Ni/Au sau Ni/Pd/Au	150

Pentru **comparație** se poate folosi tabelul:

aliaj fără plumb caracteristici	Sn-3.5Ag	Sn-(3.4-4.1)Ag-(0.45-0.9)Cu	Sn-2.5Ag-0.8Cu-0.5Sb	Sn-0.7Cu	Sn-Bi-Ag	Sn-Zn-Bi
T_{top}	întaltă	medie	medie	f. înaltă	joasă	f. joasă
nu se desprind de pe pad-ul de lipire la solidificare	mediu	mediu	mediu	mediu	prost (se deaprinde)	prost (se deaprinde)
putere de lipire	satisfăcătoare	bună	medie	slabă	f. bună	f. f. slabă
procesabilitate	medie	f. bună	f. bună	slabă	satisfăcătoare	f. f. slabă
fiabilitate	medie	f. bună	f. bună	satisfăcătoare	slabă	f. slabă
reciclabilitate	medie	medie	medie	medie	slabă	f. slabă
cost	destul de mare	destul de mare	destul de mare	mic	destul de mare	mic
disponibilitate	ușor de găsit	disponibilitate medie	disponibilitate medie	ușor de găsit	destul de greu de găsit	greu de găsit

Alegerea aliajului se face și funcție de tehnologia de fabricație a cablajului. Astfel, cel mai des folosite aliaje în cadrul diverselor tehnologii sunt:

- pentru lipire prin retopire: Sn-Ag3.9-Cu0.6; Sn-Ag3.8-Cu0.7; Sn-Ag(3.4-4.1)-Cu(0.45-0.9) în S.U.A. și Europa, respectiv Sn-Ag3-Cu0.5 în Japonia;
- pentru lipirea în val: Sn-Ag(3.4-4.1)-Cu(0.45-0.9); Sn-Ag3-Cu0.5;
- pentru lipirea manuală: Sn-Ag(3.4-4.1)-Cu(0.45-0.9); Sn-Ag3-Cu0.5.

În **concluzie**:

- aliajele de tip SAC (Sn-Ag-Cu) reprezintă cea mai bună opțiune la ora actuală;
- aliajele Sn-Ag-Bi merită luate în considerație atunci când Pb se va elimina total din procesul de fabricație; ele ar putea fi soluția preferată deoarece temperatura de topire e mai scăzută ca la alte aliaje fără plumb, proprietățile de umezire sunt excelente, etc.;

Aliajele de Sn-Bi dopate cu 1 % Ag pot fi o opțiune viabilă pentru fabricarea cablajelor cu restricții de temperatură rigide.

3. Fluxuri (fondanți) pentru lipire

3.1. Generalități. Cerințe

Pentru realizarea lipirii, care implică difuzia reciprocă a metalului de bază și a aliajului, este necesar în primul rând, contactul nemijlocit între cele două materiale și pentru aceasta este necesară îndepărtarea tuturor impurităților, de pe suprafața metalului de bază (fig. alăturată) și a aliajului; în al doilea rând, suprafețele trebuie protejate să nu se impurifice în timpul încălzirii, când aliajul este topit. Aceste funcții, de curățare și protecție și în plus de îmbunătățire a umezirii, revin unor substanțe numite *fluxuri sau fondanți pentru lipire*; în absența acestora lipirea nu se poate realiza.

Fluxurile trebuie să îndeplinească o serie de cerințe, printre care:

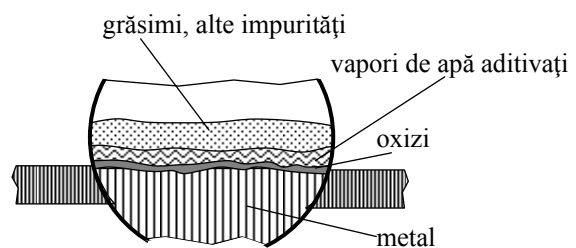


Fig. Suprafața unui metal

- să aibă temperatură de topire (t_f) inferioară temperaturii de topire a aliajului (t_a), dar să nu „ardă” complet la temperatura de lipire (t_l);
- să fie lichide și cu fluiditate suficientă la t_l , să se întindă ușor și să pătrundă în interstiții;
- să dizolve complet și la timp (înainte de topirea aliajului) toate impuritățile, acțiune care trebuie să dureze cât timp se efectuează lipirea;
- să îmbunătățească condițiile de umezire (reducând tensiunea superficială aliaj - mediu);
- să aibă adeziunea la metalul de bază mai slabă decât aliajul, pentru ca acesta să le poată înlătura în procesul umezirii și întinderii;
- să nu fie și să nu formeze compuși toxici, corozivi, inflamabili;
- fluxul rămas după lipire trebuie să „iasă” la suprafața aliajului și să se poată ușor; resturile de flux trebuie să fie electroizolante, solide, să nu colecteze impurități, apă, să fie stabile pe durata depozitării, să se poată manipula ușor și să fie ieftine.

3.2. Tipuri de fluxuri pentru lipire

Clasificarea fluxurilor se poate face din mai multe puncte de vedere.

O primă clasificare se face din punct de vedere al acțiunii corozive, deosebindu-se:

- *fluxuri active (corozive, acide sau decapante)*, de regulă din substanțe anorganice acide (acid clorhidric, cloruri de zinc sau de amoniu etc.), care curăță suprafețele prin atac chimic, formând compuși neaderenți, solubili; trebuie înlăturați, imediat după lipire pentru că acțiunea corozivă continuă;
- *fluxuri slab active (activate)*, cu acțiune decapantă redusă, curăță suprafețele în principal prin dizolvarea impurităților și sunt formate din substanțe organice (rășini naturale cu activanți organici slab acizi);
- *fluxuri neactivate (necorozive, fără acizi)*, fără acțiune decapantă, curăță suprafețele numai prin dizolvarea impurităților și sunt formate din substanțe organice, de obicei rășini naturale, adesea cu solvenți și agenți de îmbunătățire a umezirii.

În electronică, pentru lipirea cuprului și aliajelor sale, se utilizează foarte mult fluxuri fără acizi și fluxuri activate; fluxurile acide se folosesc numai pentru părți mecanice, cabluri groase.

Fluxurile cele mai folosite în electronică, pentru lipituri cu aliaje Sn+Pb sunt pe bază de colofoniu, o rășină naturală obținută prin distilarea uleiurilor rășinoase de conifere. Tehnologiile noi în care se folosesc aliaje de lipit fără plumb implică temperaturi de lipire mai ridicate, în consecință fluxurile folosite trebuie să se comporte bine la aceste temperaturi.

Colofoniul este un amestec de acid abietic ($C_{20}H_{30}O_2$, peste 80%) cu alți acizi și esteri. Este o substanță solidă, cu aspect sticlos, translucid, colorat de la galben deschis la maro închis, cu rezistență mecanică redusă, cu bune însușiri izolante, nehigroscopic; este insolubil în apă dar solubil în majoritatea solvenților organici (alcool, eter, glicerina ...). Se înmoaie pe la 70 °C și este complet lichid pe la 125 °C. Colofoniul dizolvă oxizii; pe la 150 °C dizolvă foarte bine oxizii cuprului. La temperaturile uzuale de lipire - peste 210 °C, colofoniul fierbe și arde, degajând fum cu miros caracteristic, practic netoxic.

Colofoniul se poate folosi ca flux neactivat în stare solidă - preluat sub formă topită pe vârful ciocanului de lipit, sau ca peliculă - rezultată în urma depunerii lacului de colofoniu³

³ Lacul de colofoniu se prepară din colofoniu pulbere (15%) dizolvat în alcool etilic (85%), la 70 – 80°C; se recomandă filtrarea și păstrarea în vase bine închise. În timp, calitățile de fondant scad.

*Fluxurile activate*⁴ pentru electronică sunt, de obicei, tot pe bază de colofoniu, cu adaosuri de activanți, de obicei compuși de clor (1 – 2%) - uzuali-sunt anilina clorhidrică și dietilamină clorhidrică⁵. Gradul de „activare” depinde de natura și conținutul în agent activ. După lipire, resturile de flux cu compuși de clor sunt potențial active și trebuie înlăturate. Colofoniul și activantul se amestecă cu diluanți formând paste sau soluții. Ca solvenți se folosesc alcooluri pure sau în amestec (izopropilic, izobutlic, metilic, ...), glicoli (glicerina, de exemplu) sau terebentină cu alcool.

O categorie aparte de fluxuri activate sunt cele numite *organo-fluxuri*, fără rășini, formate din amestecuri de acizi organici (butiric, lactic, ...) cu adaosuri de activanți (compuși de clor), totul în solvent - uzual apă, apă cu alcool, glicoli etc. Organo-fluxurile sunt utilizabile cam pentru toate metalele și aliajele folosite în electronică (și acolo unde fluxurile cu rășini nu sunt eficiente), dar reziduurile sunt corozive și trebuie îndepărtate după lipire - de obicei prin spălare cu apă.

Tabel 4. Fluxuri recomandate pentru lipiri cu aliaje Sn+Pb în electronică

Metal/aliaj de bază	Flux recomandat						Observații
	Flux pe bază de rășină (colofoniu)				Organo-flux	Flux anorganic	
	neactiv	slab activat	activat	supra activat			
Cupru	√	√	√	√	√		Necesară bună curățare
Alamă			√	√	√	√	Necesită bună curățare
Bronz			√	√	√	√	
Argint		√	√	√	√	√	Uneori trebuie curățat
Aur			√	√	√	√	Se referă la acoperiri cu aur
Cadmiu			√	√	√	√	Se referă la acoperiri cu Cd
Cu nichelat				√	√	√	
Cu stanat	√	√	√	√	√	√	Uneori trebuie curățat
Oțel			√	√	√	√	
Zinc			√	√	√	√	
Nichel			√	√	√	√	

Efectele fluxului (cu o compoziție dată), care determină în mare măsură calitatea lipiturilor, sunt determinate de valoarea temperaturii de lipire. Această temperatură - și durata menținerii, se stabilește în funcție de mai mulți factori: temperaturile maxime admise de suporturi și componente, temperatura optimă pentru umezire cu aliaj, ..., dar comportarea fluxului este factorul determinant.

Experiența a arătat că, din punct de vedere al acțiunii fluxurilor slab activate și neactivate, pe bază de rășină (colofoniu) - de departe cele mai folosite în electronică, temperaturile optime sunt în intervalul 235 – 275 °C, valori care coincid cu cele potrivite pentru lipirea cu aliaje Sn (65-40 %) + Pb (35-60 %); de asemenea, suporturile și componentele rezistă la aceste temperaturi timp de 10 – 30 secunde, suficient pentru realizarea lipiturii. La temperaturi în afara intervalului menționat (mai mici sau mai mari) acțiunea fluxului este mult diminuată.

⁴ Experiența a arătat că fluxurile activate pe bază de substanțe organice se degradează în timp - în principal scade capacitatea de curățare, mai ales dacă condițiile de depozitare nu sunt corecte. Fluxurile trebuie folosite în termenul de valabilitate indicat de producător sau imediat după preparare.

⁵ Un flux slab activat ușor de preparat conține: glicerina (1,5%), anilina clorhidrică (1,5 – 2%) restul colofoniu, totul bine amestecat în mojar.

3.3. Procedee de fluxare

Depunerea fluxului pe suprafețele care se vor lipi se numește *fluxare* și se poate face:

- concomitent cu aportul de aliaj:
 - în cazul lipirii cu ciocanul, preluând o picătură de colofoniu pe vârful ciocanului sau utilizând aliaj tubular;
 - în cazul lipirii pieselor cu montare pe suprafață, când se folosesc paste de lipit sau preforme fluxate;
- înaintea aportului de aliaj, în cazul lipirii în băi sau instalații cu val.

În tehnologia de asamblare „clasică”, cu componentele fixate cu terminalele în găurile plăcilor de cablaj imprimat (tehnologia *TH* sau *THT* = Through Holes Technology), lipirea se realizează de obicei în undă (val) de aliaj sau în băi, plăcile fiind în mișcare continuă, antrenate cu benzi sau role transportoare. Aceasta impune ca fluxarea prealabilă să se facă tot în timpul deplasării plăcilor; lipirea se face după uscarea completă sau aproape completă a fluxului. Se folosesc mai multe procedee:

1. *Fluxarea prin pensulare* se realizează aplicând fluxul lichid pe suprafețele care se vor lipi, cu o pensulă. Procedeele este simplu dar lent, neproductiv și nu permite dozarea fluxului depus. Fluxarea prin pensulare cu perie rotativă se face cu o perie cilindrică, cu fire din plastic, care se rotește preluând flux din baie și depunându-l pe plăci. Procedeele este foarte simplu, dar nu permite dozarea fluxului, firele periei se pot agăța pe terminale sau componente, se poate depune flux și unde nu trebuie, ...; din aceste motive, procedeele este foarte rar utilizat în prezent.
2. *Fluxarea prin imersie* se face cufundând foarte puțin plăcile (cu fața de lipire în jos) în băi cu flux lichid (mai mult „atingând” suprafața fluxului). Procedeele este simplu dar cu multe dezavantaje - „adâncimea” de cufundare trebuie controlată foarte precis, cantitatea de flux depusă nu se poate controla precis, se poate depune flux și unde nu trebuie (în găuri, pe componente, pe contacte, ...), fluxul se impurifică repede, fluiditatea trebuie controlată permanent etc. În prezent procedeele este aproape neutilizat pentru plăci, dar se folosește pentru fluxarea capetelor conductoarelor.
3. *Fluxarea cu jet prin pulverizare* se face împrășcând flux lichid sau pulbere, cu pulverizatoare cu aer comprimat, prin ajutaje potrivite. Pulverizarea este comandată manual sau automat, când plăcile sunt deasupra pulverizatorului. Procedeele este eficient, destul de frecvent utilizat. Printre dezavantaje sunt: frecvența blocare a ajutajelor cu flux scurs, imposibilitatea recuperării fluxului în exces și posibilă oxidare a fluxului în aer.
4. *Fluxarea cu jet prin împrășcare fără aer* se face cu jeturi foarte fine de flux, obținute la ieșirea ajutajelor prin care fluxul sub presiune este forțat să iasă. Procedeele este eficient, ajutajele nu se blochează, oxidarea în aer este evitată; totuși procedeele nu este foarte răspândit.
5. *Fluxarea prin împrășcare cu picături* se face cu o sită cilindrică, în rotație lentă; ochiurile sitei sunt umplute cu flux lichid la trecerea prin baia de flux, apoi ajung deasupra unui ajutaj cu deschidere lungă și îngustă (în formă de „cuțit”) prin care se suflă aer sub presiune – fig. alăturată. Jetul de aer forțează fluxul din ochiuri să iasă sub formă de picături mici care se depun pe plăcile de cablaj. Presiunea aerului

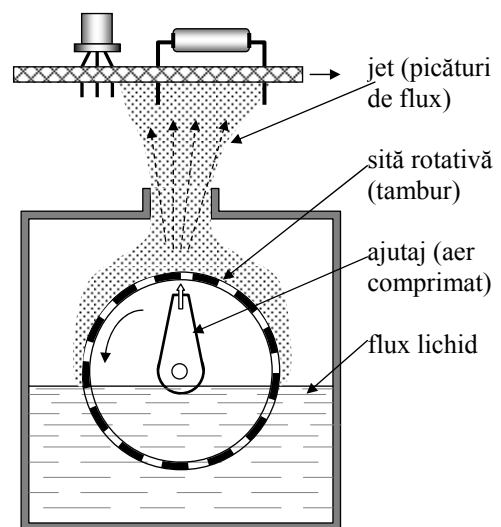


Fig. Fluxare cu jet de picături

și viteza de rotație a sitei pot fi controlate, reglând cantitatea de flux depusă. Dezavantajul constă în faptul că fluxul în exces, eventual impurificat, recade în baie.

6. *Fluxarea în val* se realizează trecând plăcile printr-un „val” sau undă staționară, formată prin pomparea fluxului printr-un ajutoraj cu deschidere dreptunghiulară - fig. de mai jos.

Procedeeul este relativ simplu, permite controlul cantității de flux depus (reglând înălțimea valului) - dar nu foarte precis iar fluxul în exces recade în rezervor. Impurificarea fluxului este redusă iar efectele sunt de regulă neglijabile. Totuși, în condițiile actuale, pentru asigurarea unei rate a defectelor de lipire tinzând spre zero, se impun toate măsurile imaginabile pentru eliminarea eventualelor cauze a lipiturilor cu defecte.

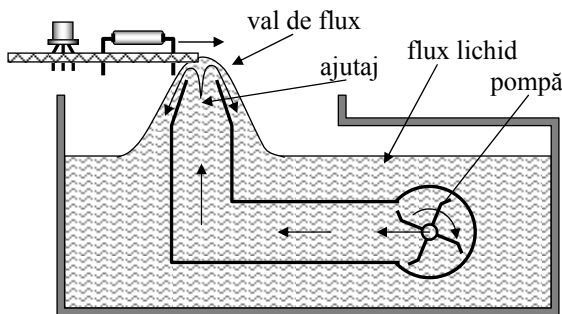


Fig. Fluxarea în val (undă staționară)

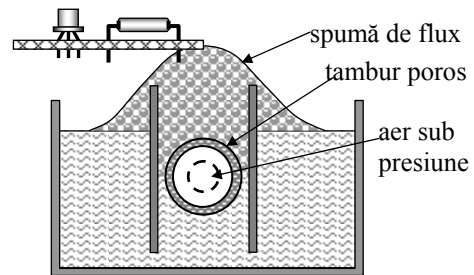


Fig. Fluxarea cu spumă

7. *Fluxarea cu spumă* se face trecând plăcile printr-un val de spumă de flux. Spuma se obține trecând aer sub presiune printr-o piatră poroasă plasată în baia cu flux într-un vas deschis la partea superioară; la ieșirea din vas se formează un val de spumă cu înălțime constantă și mică (sub 6mm, rar până la 10 – 12 mm). Excesul de spumă se scurge în baia de flux sau într-un vas colector, sau este înlăturat cu ajutorul unui jet de aer comprimat, mai rar folosind perii. Fluxarea cu spumă este foarte utilizată, echipamentul este simplu, ușor de întreținut, asigură fluxare bună, dar terminalele nu pot fi mai lungi de 6 – 10 mm.

4. Preîncălzirea

În toate tehnologiile industriale moderne, după fluxare și înaintea lipirii, se procedează la preîncălzirea plăcilor; numai în cazul lipirii cu ciocanul de lipit nu se procedează la preîncălzire.

Preîncălzirea are ca scopuri:

- accelerarea lipirii, prin creșterea temperaturii în zonele de lipire înainte aplicării aliajului (piesele, suporturile, ... sunt solicitate la temperatura de lipire un timp mult mai scurt);
- prevenirea șocului termic asupra componentelor la aplicarea aliajului topit;
- prevenirea scăderii bruște a temperaturii aliajului la contactul cu piesele care trebuie lipite;
- evaporarea solvenților din fluxul depus (la aplicarea aliajului, acești solvenți intră în fierbere și se pot forma „bule” între aliaj și metalele de bază);
- activarea fluxului înainte aplicării aliajului.

Ideal, un sistem de preîncălzire trebuie să asigure:

- încălzirea rapidă a metalelor în zonele de lipire, fără sa afecteze suportul izolant;
- să asigure aceeași temperatură la ieșire, pentru toate plăcile;
- să permită reglarea suprafețelor de încălzire, în funcție de dimensiunile plăcilor;

- să fie eficient energetic, să disipe puțină căldură pe lângă plăci și să se „autocurețe”.

Temperatura de preîncălzire depinde de tipul fluxului, natura suportului plăcilor, însușirile componentelor și procedeul de lipire, în cazul plăcilor cu componente montate în găuri, care se lipesc pe o singură parte, fluxate cu fonanți pe bază de rășini, preîncălzirea se face până la 120 – 160 °C (suporturi din pertinax)... 150 – 200 °C (suporturi din sticlotextolit) - pe fața de lipire; pe fața opusă (cu piesele), temperatura este cu 80 – 110 °C mai mică.

Preîncălzirea se poate face: prin încălzire electrică, cu aer cald sau cu radiații infraroșii

Preîncălzirea electrică se face cu plite (plăci) sau bare încălzite electric, pe care se așează plăcile (în contact direct sau cu site sau folii metalice⁶ pentru susținerea plăcilor). Transmisia căldurii se face prin conducție și radiație; convecția este neglijabilă în cazul plitelor, dar importantă când se folosesc bare (aerul circulă printre bare).

- *Plitele pentru preîncălzire* sunt structuri „sandwich” cu rezistențe de încălzire încorporate în ceramică între plăci metalice. Alimentarea rezistențelor se face în funcție de dimensiunile plăcilor de cablaj, pentru evitarea pierderilor la margini. Plitele se „autocurăță” prin arderea impurităților; la nevoie, resturile pot fi ușor îndepărtate cu perii, raclete. Procedeul este simplu, fiabil, des folosit în toate situațiile, exceptând cazul componentelor montate pe suprafață; un dezavantaj constă în durata mare de atingere a temperaturii de lucru (30 - 60 minute)
- *Barele pentru preîncălzire* sunt tuburi metalice cu rezistențe izolate în ceramică încorporate, plasate în lungul benzii transportoare a plăcilor (în funcție de lățimea plăcilor, unele bare sunt nealimentate). Barele se autocurăță, dar uneori se acoperă cu folie de aluminiu care, după murdărire, se înlocuiește. Barele ajung repede la temperatura de lucru (10 - 15 minute), dar eficiența energetică este cam aceeași cu a plitelor.

Preîncălzirea cu aer cald se face cu jeturi de aer fierbinte, obținute în schimbătoare de căldură încălzite electric. Transmisia căldurii se face prin convecție, deci cu eficiență redusă, din care motiv se folosește în combinație cu alte metode de preîncălzire. Procedeul este foarte curat și este des folosit mai ales pentru plăcile cu componente montate pe suprafață. Un avantaj constă în evacuarea implicită a vaporilor de flux și diluant.

Preîncălzirea cu radiații infraroșii este foarte folosită, mai ales pentru plăci cu componente montate pe suprafață, deoarece procesul este ușor și precis controlabil, curat, eficient energetic și se poate face cu deplasarea continuă a plăcilor. Sursele de infraroșii sunt filamente din wolfram în incinte de cuarț cu diferite forme: plăci, tuburi sau lămpi (becuri) cu reflectoare. Sursele de infraroșii sunt scumpe, trebuie manipulate cu atenție, trebuie evitată depunerea prafului sau a grăsimilor⁷ și supraîncălzirea. Transmisia căldurii se face în principal prin radiație (uzual în banda de 3 μm), dar adesea și convecția este importantă – incinta de preîncălzire este prevăzută cu orificii de admisie (în partea de jos) și evacuare (sus) a aerului (convecția este de regulă naturală).

⁶ Trebuie evitate foliile din aluminiu, acestea reflectând puternic radiațiile infraroșii.

⁷ Ștergerea trebuie făcută cu deosebită atenție - orice urme de grăsimi sau alte substanțe reduc transmisia căldurii (radiația), temperatura becurilor crește și durata de viață se reduce drastic.

5. Tehnologii de realizare a lipiturilor în electronică

5.1. Generalități. Procedee de lipire

În electronică, o mare diversitate de elemente se assemblează prin lipire: conductoare filare (între ele, pe terminale / pini, pe conductoare imprimate, pe sașie, carcase etc.), componente electronice montate „în găuri” pe cablaje imprimate, componente montate pe suprafață, piese metalice de variate forme și dimensiuni (distanțiere, elemente de fixare/rigidizare, table etc.).

Procedeele de lipire se alege/adoptă în funcție de „ce se lipește, unde și când se lipește” - componente electronice - la asamblare sau la depanare, cu montarea în găuri sau pe suprafața cablajelor imprimate etc.; conductoare filare masive sau multifilare - la formarea capetelor sau la îmbinare etc.

În cea mai generală clasificare, procedeele de lipire pot fi:

- manuale, utilizate destul de frecvent la asamblare și întotdeauna la depanare;
- automate, utilizate numai la asamblare și de regulă la lipirea pe cablaje imprimate.

După modul în care se face aportul de aliaj de lipit, lipirea se poate face:

- cu ciocanul de lipit (întotdeauna manuală);
- prin imersie în băi de lipire statice;
- în val (întotdeauna în instalații mai mult sau mai puțin automate);
- prin retopire (reflow), procedeu care presupune depunerea aliajului pe suprafețele de lipit înainte de încălzirea pentru lipire; în funcție de modalitatea de depunere a aliajului (preforme sau paste de lipit) și de procedeele de încălzire (prin contact, cu radiații infraroșii, cu aer cald, în fază de vapori, cu laser etc.), există o mare varietate de tehnici tip „reflow” în cele ce urmează se vor expune procedeele de lipire utilizate la asamblarea circuitelor electronice, în special pe cablaje imprimate; unde va fi cazul se vor face referiri și la asamblarea altor elemente.

5.2. Lipirea cu ciocanul de lipit

Ciocanul de lipit, ca sursă de căldură pentru încălzirea suprafețelor care trebuie lipite, este cea. mai veche unealtă pentru lipiri moi, evoluând de la un simplu paralelipiped din cupru cu tijă și mâner - încălzit la flacăra sau pe plită, la construcțiile sofisticate din prezent - cu termostatare și temperatură reglabilă, cu vârfuri interschimbabile placate, cu alimentare prin transformator.

Lipirea cu ciocanul este un procedeu adesea de neînlocuit (la depanare, de exemplu), în primul rând datorită adaptabilității practice la orice situație; de aceea, pentru perfecționarea acestei unelte se depun susținute eforturi, de către numeroși producători.

Ciocanele de lipit pot fi:

- cu funcționare discontinuă (tip „pistol”), economice, recomandate pentru lucru cu pauze;
- cu funcționare continuă (cu rezistență de încălzire).

Ciocanele de lipit cu funcționarea discontinuă (tip „pistol”) - fig. de mai jos, au transformatorul incorporat, alimentat printr-un contact acționat de pârghia „trăgaci” numai pe durata efectuării lipirii. Secundarul transformatorului cu 3 - 5 spire, este din bară de cupru cu secțiune mare (20 - 30 mm²) cu forma din fig. alăturată; pe capetele barei se prinde cu

șuruburi⁸ vârful (numit uzual *ansă*) - un segment din sârmă de cupru ($\Phi = 1,5 \dots 3 \text{ mm}$) îndoit potrivit (fig. alăturată). Temperatura se reglează închizând/deschizând contactul, în timpul lipirii. Se construiesc astfel de ciocane cu puteri de 60 - 150 W; cu cât puterea este mai mare, se poate folosi o ansă cu diametru mai mare iar timpul de atingere a temperaturii de lipire este mai mic (6 ... 20 secunde). Ciocanele tip „pistol” sunt grele (0,5 - 1,2 kg), voluminoase și nu sunt potrivite pentru lucru în flux continuu.

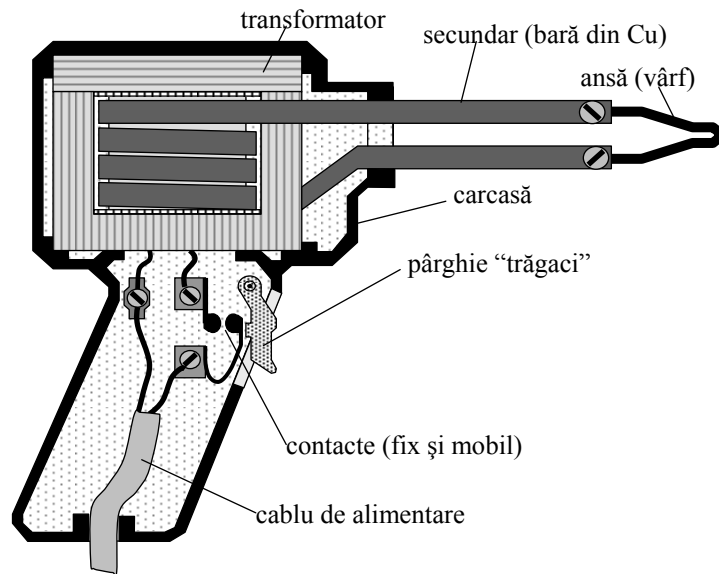


Fig. Pistol de lipit cu transformator

Ciocanele de lipit cu

rezistență au inclusă o rezistență de încălzire alimentată direct de la rețea sau prin transformator.

Ciocanele cu rezistența izolată în ceramică sau folii de mica, alimentată direct de la rețea (220 V / 50 Hz) nu sunt recomandabile pentru lucru în electronică deoarece rezistența izolației nu este prea mare, mai ales la temperatură mare; ca urmare, carcasa și vârful ciocanului – chiar legate la priza de pământ de protecție⁹ pot avea tensiuni periculoase pentru multe componente electronice. De regulă, aceste ciocane nu au termoreglare; temperatura se menține constantă (aproximativ) la egalitatea căldurii generate de rezistență și a căldurii disipate în mediu, care depinde de mărimea suprafeței de răcire (modificarea acesteia - de exemplu scurtând vârful, modifică temperatura).

Ciocanele alimentate prin transformator coborât sau numai de izolare, sunt preferabile și de altfel cele mai folosite în industria electronică – uzual, ansamblul ciocan de lipit, transformator, eventuale subansamble de reglare și conductoarele aferente se numește *stație de lipire*. De regulă, aceste ciocane sunt prevăzute cu termoreglatoare: cu magnet permanent sau cu senzor de temperatură și circuite de reglaj.

Ciocanele de lipit termoreglate cu magnet permanent - fig. de mai jos, au, solitar cu vârful (a cărui temperatură se menține constantă), o pastilă, un mic magnet permanent (ferită, aliaj magnetic tare) cu punct Curie la temperatura de lipire ($t_{Curie} = t_l$). Cât timp $t < t_l$, magnetul atrage o tijă din fier moale și se închide contactul de alimentare a rezistenței; la $t \geq t_l = t_{Curie}$ pastila își pierde însușirile magnetice și un arc slab deschide contactul; la scăderea temperaturii contactul se reînchide. Astfel, temperatura vârfului oscilează cu 1 – 5 °C în jurul valorii de lipire (sistemul termic - magnetic - mecanic are un mic histeresis). Pentru schimbarea temperaturii de lipire trebuie schimbat vârful cu magnet. Acest tip de ciocan este foarte folosit, fiind ieftin, robust și satisfăcător în multe utilizări. Există o mare varietate de

⁸ Este esențial ca între ansă și bara secundar contactul electric să fie perfect - altfel se încălzește zona de contact, nu vârful. De regulă este necesară curățarea periodică a suprafețelor de contact, mai ales a ansei (din cupru) - cu pila, șmirghel, ..., uneori și a barei (obișnuit nichelată sau cromată) - prin ștergere cu hârtie, burete, ...

⁹ Legarea la priza de pământ de protecție este obligatorie din motive de protecție a muncii - oricând izolația se poate deteriora, vârful și carcasa ciocanului fiind puse la tensiunea rețelei. Chiar cu o bună legătură la pământ, datorită rezistenței prizei și conductoarelor, în cazul unei izolații nu prea bune curenții de scurgere pot determina tensiuni de volți... zeci de volți, nepericuloase pentru operator (curenții sunt foarte mici) dar distructive pentru multe componente

construcții, cu puteri de la 20-25 W la peste 100 W și de vârfuri cu pastile pentru temperaturi de la 200 °C la peste 350 °C (cam din 10 în 10 °C).

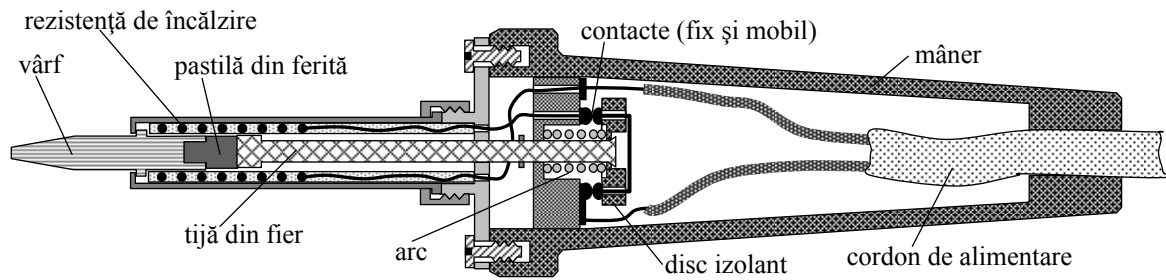


Fig. Ciocan de lipit termostatat cu pastilă din ferită cu punct Curie la temperatura de lipire

Ciocanele de lipit termoreglate cu senzor (termistor, termorezistență, termocuplu) montat în vârf, asigură atât un histerezis mai mic (sub 1 °C) cât și posibilitatea reglării temperaturii (circuitele de reglaj sunt în aceeași carcasă cu transformatorul) în plaje largi; în schimb sunt sensibil mai scumpe și mai pretențioase (cordonul ciocanului are 4 – 6 fire).

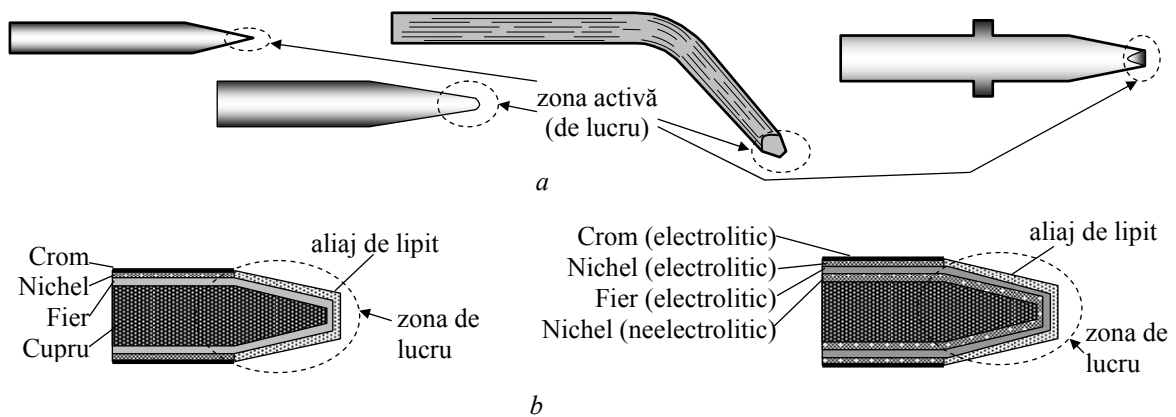


Fig. Vârfuri pentru ciocane de lipit: *a* – forme, *b* – vârfuri cu “cu viață lungă”

Componenta principală a ciocanului de lipit este *vârful*. Există o mare diversitate a formelor și dimensiunilor vârfurilor, în acord cu puterile ciocanelor¹⁰, dimensiunile pieselor și ale suprafețelor de lipire etc.; câteva forme apar în fig. de mai sus, *a*.

Vârfurile se realizează din bare rotunde din cupru (are cea mai mare conductibilitate termică la preț rezonabil¹¹, aliajul SnPb aderă bine), uneori aliat cu 0,5 % telur pentru uzinare mai ușoară.

Deosebit de importantă este *zona de lucru* – extremitatea care în timpul lipirii este în contact cu piesele și cu aliajul. Pentru lucru, este obligatoriu ca zona de lucru să fie acoperită cu o peliculă de aliaj (cositorită) – altfel, nu se poate asigura contact termic bun deoarece cuprul se oxidează imediat (stratul de oxid este termoizolant) și nu se poate realiza lipirea. Deoarece aliajul se oxidează, această zonă trebuie frecvent curățată (burete umed, pâslă, ...), acoperită cu flux (colofoniu) și re-cositorită.

Ciocanele ieftine au vârful numai din cupru. Ca urmare, zona de lucru se uzează prin dizolvarea cuprului în aliaj (Cu este foarte solubil în aliaj SnPb lichid) și prin oxidare. După un timp de folosire, este necesară reformarea zonei de lucru prin pilire și cositorire.

¹⁰ Prin *puterea ciocanului* se înțelege puterea electrică a rezistenței de încălzire sau puterea nominală a transformatorului (în cazul ciocanelor tip „pistol”).

¹¹ Argintul are conductibilitate termică (și electrică) cu ≈10% mai bună, dar este mult mai scump decât cuprul.

Prin anii '70, firma Weller a introdus **vârfulurile cu durată de viață lungă** (long life tips). Aceste vârfuri sunt acoperite, cel puțin pe porțiunea activă (zona de lucru), cu o peliculă micronică din fier pur (fig. de mai sus, *b*), pe care aliajul aderă foarte bine. Această peliculă este o barieră care împiedică dizolvarea cuprului în aliaj. În prezent, vârfurile „long life” de calitate au mai multe straturi – barieră micronică. Stratul de crom din zona inactivă împiedică oxidarea și aderența aliajului în acea regiune. Un astfel de vârf este scump și trebuie tratat cu atenție: curățarea se execută numai cu buretele furnizat de firmă; vârful nu se „freacă” pe cablaje, fire, ... pentru a nu se înlătura straturile de protecție; zona activă se menține permanent acoperită cu aliaj.

Capătul de lipire poate fi: conic (pentru lipiri fine, piese mici), tronconic sau piramidal (pentru lipirea pieselor ceva mai mari), în formă de cilindru tăiat oblic sau aplatizat în „cap de daltă” (pentru lipirea pieselor mari, conductoarelor filare groase etc.).

Vârful ciocanului asigură transferul căldurii către piese în zona de lipire și aceasta trebuie să se întâmple la temperatură cât mai constantă. Masa și dimensiunile vârfului – și în consecință puterea ciocanului, trebuie să fie în acord cu masa (dimensiunile) pieselor care se lipesc: cu cât aceste piese sunt mai mari (mase, suprafețe mari), cu atât dimensiunile vârfului și puterea ciocanului trebuie să fie mai mari. Pentru piese mici (SMD, TH mici, CI, fire cu $\Phi \leq 0,5\text{mm}$) sunt indicate ciocane de 25 ... 40 W; pentru piese medii (dispozitive de putere, R, C, L de dimensiuni mai mari, fire cu $\Phi = 0,5 \dots 1\text{ mm}$) se recomandă ciocane de 40 ... 60 W. Ciocanele termostatate pot fi cu puteri mai mari, pentru încălzire rapidă, pentru că oricum, puterea medie este în funcție de temperatura reglată.

Lipirea manuală cu ciocanul, în cazul utilizării aliajelor tubulare, presupune, în general, parcurgerea următoarelor etape:

1. Se pune capătul de lipire al vârfului ciocanului (încălzit la temperatura de lipire) în locul lipirii, în contact cât mai bun cu piesele care se lipesc, astfel încât contactul cu piesa mai mare să se facă pe o suprafață mai mare (fig. de mai jos, *a*). Capătul de lipire trebuie să fie acoperit cu o mică cantitate de aliaj topit, preferabil și puțin flux, pentru contact termic bun; eventual se preia pe vârf o mică cantitate de aliaj.
2. Se așteaptă ca piesele să se încălzească, apoi se aduce aliajul tubular în contact cu piesa de lipit mai mare, evitând contactul cu vârful ciocanului¹² - astfel se asigură topirea fluxului și curățarea suprafețelor înaintea topirii și întinderii aliajului - fig. de mai jos, *b*.
3. După topirea unei cantități potrivite de aliaj, se menține contactul, eventual se deplasează vârful în contact cu piesele, până la întinderea aliajului, acoperirea suprafețelor și umplerea interstițiilor - fig. de mai jos, *c*.
4. Imediat după acoperire, se îndepărtează ciocanul, rapid dar nu brusc și se așteaptă răcirea și solidificarea aliajului - fig. de mai jos, *d*; în acest timp piesele trebuie să fie imobile.

¹² Considerăm neindicate două practici curente: topirea aliajului tubular pe vârful ciocanului înaintea contactului cu piesele sau așezarea tubului de aliaj pe una din piese și apăsarea vârfului până la topire - în ambele cazuri, fluxul nu se aplică înaintea topirii aliajului, curățarea suprafețelor nu este prea bună

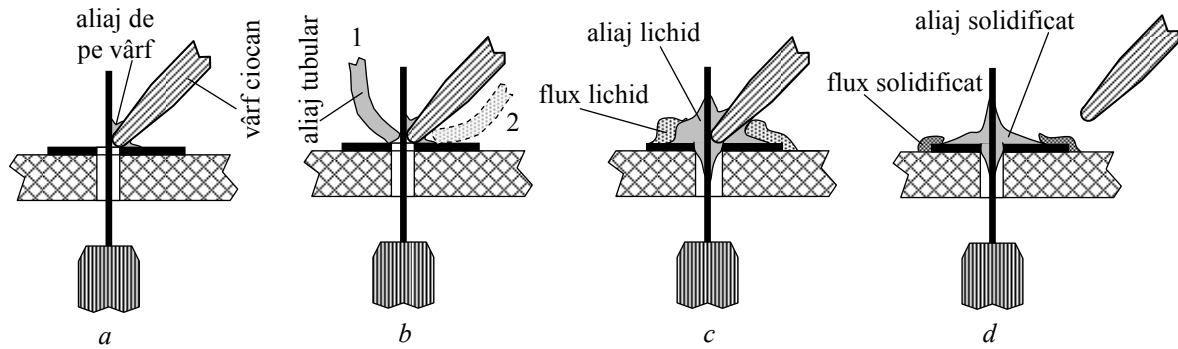


Fig. 2.14. Lipirea cu ciocanul, cu aliaj tubular: *a* – încălzire; *b* – aport aliaj și flux (poziția 1 sau 2); *c* – topire și întindere flux și apoi aliaj; *d* – îndepărtare vârf și răcire

Dacă *nu se folosește aliaj tubular*, operațiile încep cu preluarea unei picături de aliaj pe vârful ciocanului, apoi a unei picături de flux topit; celelalte etape se execută conform indicațiilor de mai sus.

Durata încălzirii trebuie să fie suficientă pentru buna întindere a aliajului dar nu prea lungă, pentru evitarea supraîncălzirii pieselor și oxidarea intensă a aliajului și suprafețelor.

O lipitură bună este atunci când aliajul are suprafață netedă, fără impurități, cu formă de menise concav, cu unghiuri de lipire mici (sub 15 – 30°C) - ca în fig. de mai sus, *d*; fluxul neconsumat este în cantitate mică și formează pelicule netede, regulate, cu aspect caracteristic.

Dintre defectele care apar la lipirea cu ciocanul, frecvente sunt:

- lipiturile „reci” – suprafețele sunt acoperite cu aliaj de lipit dar nu s-a realizat contact intim între materiale de bază și aliaj; cauzele sunt: suprafețele insuficient încălzite și/sau curățate; obișnuit, în aceste cazuri unghiurile de lipire sunt peste 70 – 90°;
- lipituri „arse” – suprafețele sunt acoperite cu aliaj, dar între aliaj și suprafețe există straturi de oxizi; cauza constă în supraîncălzire (temperatură prea mare sau durată prea mare a încălzirii); obișnuit, în aceste cazuri suprafața aliajului nu este netedă, în jurul lipiturii și în aliaj se observă impurități cu aspect clar diferit de al fluxului nears;
- lipituri „crăpate” - în timpul solidificării aliajului, piesele au fost deplasate și aliajul are crăpături (de regulă vizibile);
- lipituri cu lipsă de aliaj - lipirea este realizată, dar cantitatea de aliaj este prea mică și în consecință rezistența mecanică este redusă;
- lipituri cu exces de aliaj - lipirea este realizată, dar aliajul este în exces și terminalele nu se pot tăia la lungimea necesară, lipiturile se „rup” ușor, se produc scurtcircuite;
- lipituri cu scurtcircuit, datorate contactului nedorit al vârfului cu suprafețe conductoare apropiate sau, în cazul excesului de aliaj, formării unor „stalactite” sau „fire” (adesea aproape invizibile) din aliaj la îndepărtarea ciocanului.

S-a constatat că lipiturile reci și arse sunt cele mai frecvente defecte la lipirea cu ciocanul și se datorează în primul rând insuficienței curățării a suprafețelor de către flux (operatorul, fie nu observă lipsa de efect a fluxului, fie, observând aceasta, insistă, supraîncălzind zona). De aceea, este cât se poate de recomandabil să se procedeze la fluxarea prealabilă a suprafețelor (mai ales a conductoarelor imprimate care se obțin curate după corodare și decontaminare), fie la precositorire, cu sau fără fluxare prealabilă.

În prezent, cam toate piesele electronice au terminalele acoperite cu metale de protecție, greu oxidabile sau cu oxizi solubili în flux (precositorire – de regulă, argintare, rar aurire); de asemenea, multe cabluri de conexiune sunt precositorite. Prin aceasta, operațiile de lipire sunt foarte mult ușurate.

În cazul terminalelor și cablurilor fără acoperiri protectoare sau puternic oxidate, se recomandă curățarea și precositorirea, folosind ciocane sau mici băi de precositorire.

Adesea, la lipirea cu ciocanul este necesară utilizarea *șunturilor termic*. Asemenea situații apar la lipirea și dezlipirea pieselor sensibile la căldură, la precositorirea pieselor și capetelor de cabluri (cu izolație din PVC, termoplastă). Șuntul termic este o piesă cu capacitate calorică mare (pensetă, clește tip patent, ...) pusă în contact termic bun cu terminalul, între punctul de lipire și corpul piesei sau izolație în scopul de a prelua căldura și a nu permite supraîncălzirea.

Se va nota că la lipirea sau precositorirea cablurilor multifilare lițate, este obligatorie torsadarea firelor; altfel cu mare probabilitate, unele fire (lițe) deplasate în timpul lipirii sau utilizării aparatului, vor provoca scurtcircuite.

Dezlipirea pieselor din montajele electronice este o activitate în care ciocanul de lipit este de neînlocuit. Există numeroase procedee de dezlipire, pentru care se folosesc ciocane obișnuite sau speciale, scule și dispozitive ajutătoare.

Dezlipirea pieselor și extragerea terminalelor din găurile cablajelor se poate face:

- fără îndepărtarea aliajului (topirea și extragerea simultană a terminalelor);
- cu îndepărtarea aliajului înaintea extragerii terminalelor.

Dezlipirea pieselor fără îndepărtarea aliajului se poate face fără mari dificultăți, cu ciocanul de lipit obișnuit, în cazul firelor și pieselor ale căror terminale se pot extrage ușor din găuri (de obicei piese cu 1 – 3 terminale, cu distanță destul de mare între corpul piesei și zona lipită). În aceste cazuri, se încălzește zona lipită cu vârful ciocanului (se recomandă să fie acoperit cu colofoniu) și se extrage sau se îndepărtează terminalul cu penseta sau cleștele.

Probleme apar la dezlipirea circuitelor integrate, a conectorilor, cablurilor multifilare plate, etc., piese ale căror terminale nu se pot extrage din găuri sau deplasa individual.

O primă - și nerecomandabilă soluție, constă în tăierea terminalelor lângă corpul piesei și extragerea lor una după alta.

O soluție mai bună constă în folosirea unor ciocane la care se montează vârfuri speciale pentru dezlipit, de obicei atașabile la ciocane obișnuite, realizate în ideea de a încălzi simultan toate terminalele piesei - fig. de mai jos. Asemenea vârfuri se produc în două variante: cu „baie de aliaj topit” sau „cu piese de contact” încălzite. Indiferent de variantă, un vârf se poate folosi numai pentru tipul de piesă pentru care este construit. De regulă, extragerea piesei (mai ales în cazul circuitelor integrate) se face cu dispozitive cu gheare extractoare, pentru ca piesa să fie deplasată vertical.

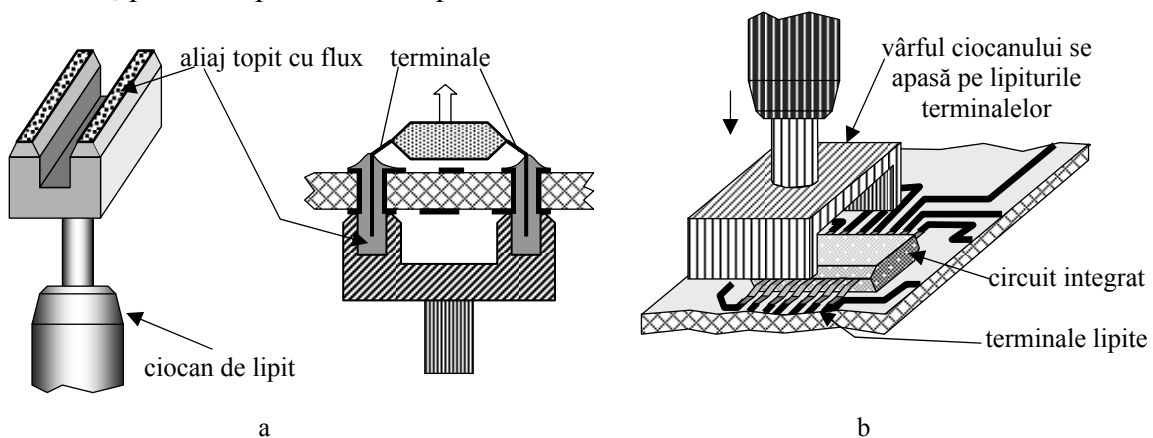


Fig. Vârfuri pentru dezlipit circuite integrate: cu baie de aliaj (a) și prin contact pe terminale (b)

Dezlipirea pieselor cu îndepărtarea prealabilă a aliajului este un procedeu mai lent, dar adaptabil pentru orice componentă, mai sigur, prin care piesa este mai puțin solicitată termic. Îndepărtarea aliajului topit se poate face prin două procedee: cu pompe de aliaj sau prin capilaritate.

Pompele de aliaj sunt „aspiratoare” de aliaj topit și pot fi:

- Pompe incluse într-un ciocan de lipit (fig. de mai jos, *b*), cu vârful tubular, din cupru, încălzit; aspirația se face cu o pară din cauciuc. În unele cazuri, în loc de a se aspira aliajul topit, pompa servește la “suflarea” topiturii.
- Pompe independente (fig. de mai jos, *c*), cu vârful tubular din Teflon sau alt material termorezistent la care aliajul nu aderă; aspirația aliajului se face cu ajutorul unui piston acționat de un arc, la destindere.

Pentru îndepărtarea aliajului prin capilaritate, se folosește *tresă* - împletitură deasă din sârme de cupru subțiri (tresă de la cablurile ecranate este foarte bună). Tresa, bine acoperită cu colofoniu, se presează cu vârful ciocanului pe aliaj - fig. de mai jos, *a*. Când se topește, aliajul este „aspirat” prin capilaritate în micile canale ale tresii; în urmă rămâne doar o peliculă foarte subțire. Tresa poate fi curățată prin încălzire și scuturare.

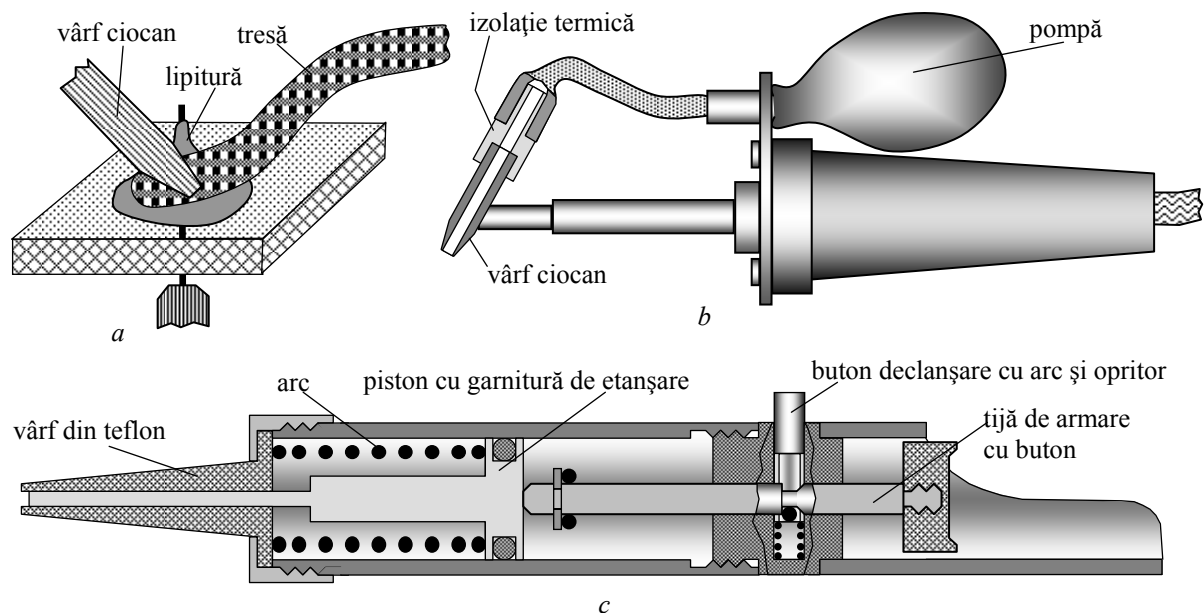


Fig. Dispozitive și scule pentru înlăturarea aliajului de lipit: *a* – tresă; *b*, *c* – pompe de absorbție

Cu toate eforturile producătorilor de a produce variate și ingenioase scule pentru ușurarea extragerii pieselor din montaje, problema rămâne dificilă, necesitând multă îndemânare din partea lucrătorilor; din acest punct de vedere, utilizarea tresii este cea mai simplă.

5.3. Lipirea prin imersie în băi statice

Metoda lipirii în băi a fost printre primele metode utilizate în electronică.

O baie de lipire constă dintr-o cuvă metalică, izolată termic, în care se află aliaj de lipit topit; încălzirea se face cu rezistențe alimentate electric iar temperatura este controlată cu senzori și regulatoare de curent.

Pentru precusitorirea terminalelor, a capetelor de cablu și lipirea cablurilor, se folosesc băi de dimensiuni mici (de ordinul 10 x 10 x 10 cm), cu rezistențe de 150 – 250 W, alimentate la 12 ... 48 V. Pentru lipirea pieselor pe cablaje imprimate se folosesc băi cu

dimensiuni mari (zeci de cm ... metri), cu 2-5 rezistențe de câte 1 – 2 kW fiecare, alimentate de la rețea mono sau trifazică.

La lipirea plăcilor în băi operațiile decurg astfel:

- plăcile se fixează pe suporturi potrivite, se fluxează și de obicei se preîncălesc;
- se curăță suprafața liberă a aliajului din baie cu racleta¹³;
- se cufundă placa în aliaj, se menține cât este necesar să se realizeze lipiturile (timpul se stabilește experimental), apoi se extrage;
- urmează controlul vizual al lipiturilor și îndepărtarea defectelor (scurtcircuite, țurțuri, zone nelipite etc.).

În cel mai simplu procedeu, plăcile sunt deplasate pe verticală - fig. de mai jos, *a*, dar apar numeroase dezavantaje:

- gazele rezultate în urma arderii fluxului și solvenților ies cu greu, se formează bule și apar zone nelipite;
- datorită tensiunii superficiale mari a aliajului, multe zone apar cu exces de aliaj, se formează stalactite (țurțuri);
- deși se face preîncălzire, la contactul plăcilor cu aliajul temperatura acestuia scade iar revenirea la temperatura de lipire se face lent, plăcile trebuind să fie menținute mult timp în baie.

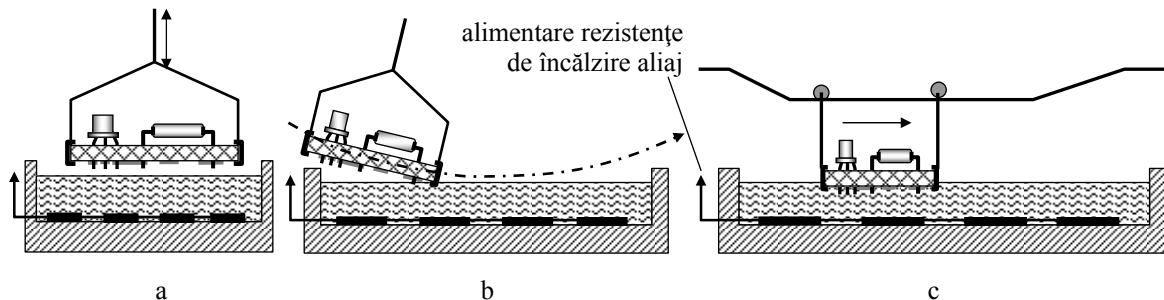


Fig. Lipirea prin imersie în băi de aliaj: cu deplasare pe verticală (*a*), cu basculare (*b*), cu plutire (*c*)

Pentru eliminarea acestor dezavantaje, se procedează la deplasarea plăcilor în timpul imersiei - prin basculare (fig. de mai sus, *b*) sau prin plutire (fig. de mai sus, *c*). Deplasarea plăcilor face ca temperatura de lipire să se stabilească rapid iar gazele sunt mai ușor eliminate; pe de altă parte, datorită unghiului de ieșire mic, aliajul în exces are timp să se scurgă și nu se mai formează multe stalactite; de asemenea și șocul termic este redus prin introducerea treptată și sub unghi mic a plăcilor în baie.

În timp s-au folosit și alte procedee de lipire în băi, toate implicând deplasarea plăcilor sau a aliajului (sau ambele), dar dezavantajele principale (impurificarea suprafeței aliajului, zone nelipite, aliaj în exces, formarea stalactitelor) nu au putut fi eliminate, mai ales în condițiile unei mari densități de componente, cu puncte de lipire foarte apropiate, trasee subțiri și apropiate.

Din toate aceste motive, în prezent lipirea plăcilor în băi este aproape nefolosită; se mai folosesc mici băi pentru precursorire și pentru lipirea capetelor de cabluri.

¹³ Experiența a arătat ca nici un procedeu de curățare chimică nu dă bune rezultate; de asemenea, protejarea suprafeței cu pelicule de parafină sau ulei de cocos (uleiurile minerale nu sunt utilizabile, împiedicând umezirea) nu a dat rezultatele așteptate. După mai mulți ani de încercări, s-a revenit la curățarea cu racleta.

5.4. Lipirea în undă staționară (în val)

a. Principiul lipirii în val

În prezent, cel mai utilizat procedeu industrial de lipire a plăcilor cu componente montate în găuri, (implantate, în THT) este cel cunoscut sub denumirea de *lipire în val sau undă staționară*¹⁴.

Procedeul lipirii în val se bazează pe formarea unei unde de aliaj topit, cu geometrie staționară, prin care se trec plăcile prin translație. Unda se obține prin refularea pe verticală a aliajului printr-un ajutoraj rectangular, aliajul fiind în permanentă curgere - fig. de mai jos. Aliajul scurs revine în cuvă, unde se află rezistențele de încălzire și pompa de refulare.

Față de celelalte metode, lipirea în val are numeroase avantaje: asigură lipituri de bună calitate, cu foarte puține defecte (șoc termic redus, fără exces de aliaj, fără stalactite), cu consum redus de aliaj și productivitate mare; singurul dezavantaj constă în prețul ridicat al instalațiilor.

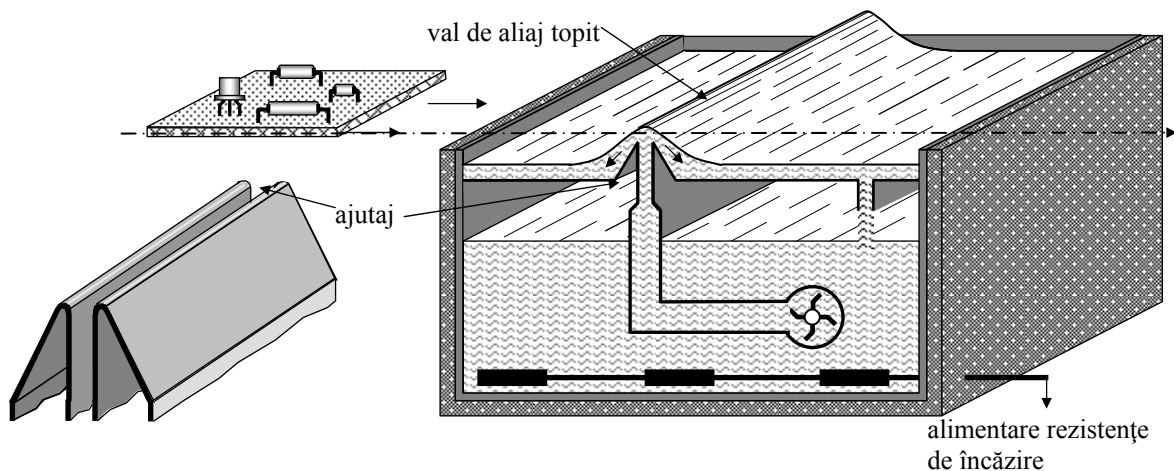


Fig. Principiul lipirii în undă staționară

Principalii factori care asigură lipituri de bună calitate sunt:

- agitatarea permanentă a aliajului cu permanent aport de aliaj cu temperatură potrivită, ceea ce asigură temperatura optimă în zona de lipire, eliminarea prin antrenare a vaporilor de flux și solvenți și pătrunderea aliajului în interstiții;
- șocul termic redus, datorat suprafeței reduse a contactului placă-aliaj precum și trecerii plăcilor deasupra porțiunii din cuvă cu aliaj refluat, fierbinte, care asigură o preîncălzire intensă cu foarte puțin timp înaintea intrării în undă;
- viteza relativă mică dintre placă și aliaj la ieșirea din undă (din fig. de mai sus se observă că la ieșirea din undă, aliajul și placa se deplasează în același sens) dă posibilitate aliajului în exces să se scurgă fără să formeze stalactite;
- suprafața aliajului în zona de lipire este curată, toate impuritățile fiind adunate pe suprafața aliajului în cuvă de colectare (de unde se pot îndepărta ușor);
- posibilitățile deosebit de largi de adaptare a condițiilor de lipire în funcție de ce se lipește, prin reglarea înălțimii unde, a vitezei aliajului, a unghiurilor de intrare și ieșire din val, a duratei contactului placă-val etc.

Practic fără excepție, echipamentele de lipire în val sunt incluse în instalații complexe care, în ordinea de deplasare a plăcilor, includ: echipamentul de fluxare, sistemul de preîncălzire, instalația de lipire și echipamentul de curățare (opțional). Deplasarea plăcilor se asigură cu benzi sau lanțuri transportoare, cu viteză reglabilă. În prezent se produc o varietate de

¹⁴ Procedeul a fost inventat de R. S. Strauss, în Marea Britanie, în 1952 și s-a răspândit mult după 1970.

asemenea instalații, cu complexități, productivități și prețuri foarte diferite, multe accesibile și micilor producători.

b. Caracteristicile valului. Tipuri de valuri

La instalațiile de lipire în val, determinante în asigurarea lipiturilor de calitate sunt caracteristicile valului: geometria (profilul), dinamica (felul curgerii, vitezele, ...) și caracteristicile termice. Din punct de vedere al geometriei și dinamicii, valul poate fi:

- dublu (bidirecțional) simetric, parabolic, îngust, sau adânc (fig. de mai jos, *a, b, c*);
- dublu (bidirecțional) asimetric în variate configurații (fig. de mai jos, *d, e*);
- simplu (unidirecțional), de exemplu tip „jet” ca în fig. de mai jos, *f*.

În general, la un val se disting patru zone prin care trec plăcile, (fig. de mai jos):

- zona de preîncălzire (Z_i), în care plăcile trec aproape de suprafața aliajului fără s-o atingă;
- zona de contact (Z_c), în care plăcile sunt în contact cu aliajul și în care se face lipirea;
- zona de ieșire (Z_o), în care plăcile ies din val, terminalele fiind încă în contact cu aliajul;
- zona de postîncălzire (Z_{pi}), în care plăcile trec deasupra aliajului topit fără să-l atingă.

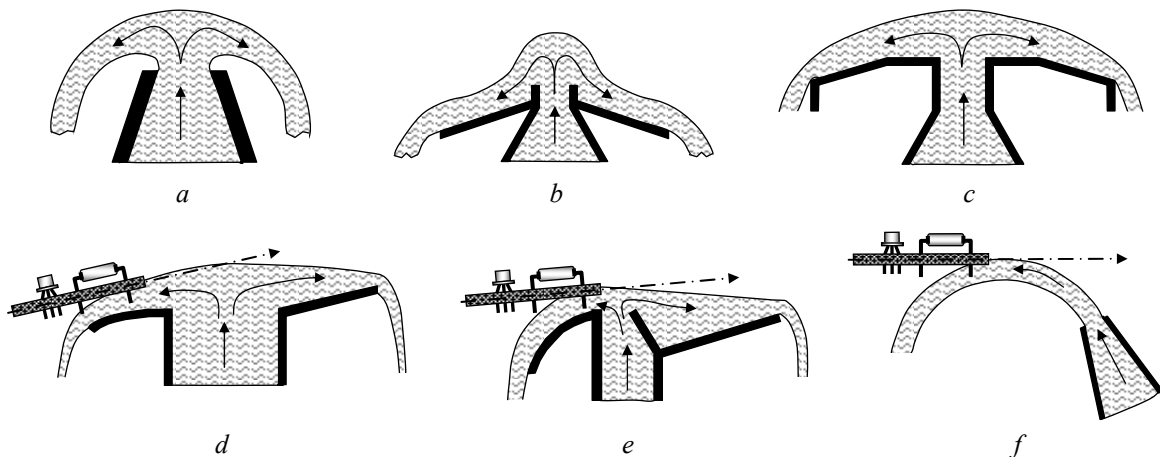


Fig. Tipuri de valuri pentru lipire bidirecțională (*a, b, c, d, e*) și unidirecțională (*f*), simetrice (*a, b, c*) și asimetrice (*d, e*): *a* - parabolic, *b* - îngust, *c* - adânc, *d* - lambda, *e* - lambda adânc, *f* - unidirecțional, tip jet

În fiecare zonă au loc procese specifice, determinate de comportarea și temperatura aliajului, de înclinarea direcției deplasării plăcilor față de suprafața aliajului și de durata parcurgerii zonei; de asemenea, sunt importante unghiurile de intrare în val (α_i) și de ieșire din val (α_o) - fig. alăturată.

În zona de preîncălzire are loc o creștere însemnată a temperaturii superficiale a plăcilor, favorizând evaporarea solvenților fluxului și reducând șocul termic la intrarea în val.

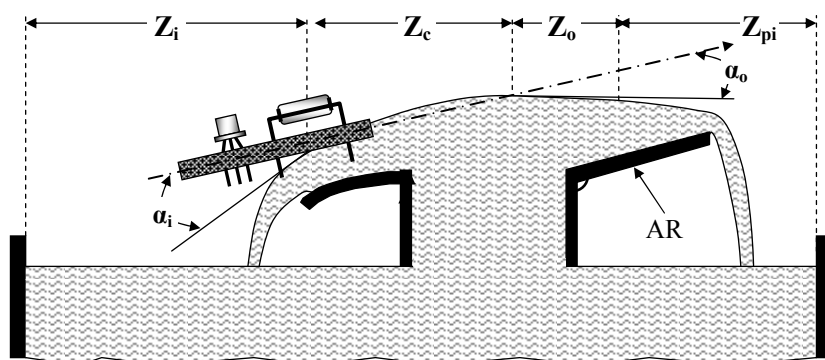


Fig. Zonele de lucru la lipirea în val și unghiurile de intrare și ieșire. AR - aripă reglabilă (reglează unghiul de ieșire)

În *zona de contact* (activă), are loc lipirea. În prima parte a zonei viteza relativă a plăcilor față de aliaj este maximă iar prezența terminalelor favorizează turbulența fluidului, asigurând pătrunderea aliajului în interstiții și eliminarea vaporilor de flux și solvenți prin antrenare. Pe măsura deplasării plăcilor, viteza relativă scade dar crește presiunea, ușurând umplerea găurilor, urcarea aliajului pe terminale.

În *zona de ieșire* viteza relativă este mică și unghiul de ieșire mic, astfel ca aliajul în exces are timp să se scurgă; mica înclinare a direcției de deplasare a plăcilor față de orizontală ușurează scurgerea aliajului prin efect gravitațional, încălzirea continuată în zona post-lipire favorizează de asemenea drenajul, mai ales în cazul lipirii pinilor lungi.

Din experiență, s-a constatat că valul dublu simetric (fig. de mai sus, *a, b, c*), primul utilizat, nu asigură cele mai bune rezultate, în principal deoarece unghiul de ieșire al plăcilor din aliaj este destul de mare. În prezent, cele mai utilizate forme sunt: valul „lambda” - pentru terminale scurte (câțiva milimetri) și valul „lambda adânc” (cu regiunea de intrare în zona activă cu mare adâncime) - pentru terminale lungi (150 – 300 mm) - fig. de mai sus, *d, e*.

De regulă, instalațiile permit reglarea vitezei, lungimii zonelor și unghiurilor, cu plăci reglabile (cum este AR din fig. de mai sus); de asemenea, se reglează vitezele de curgere și de deplasare a plăcilor. Întotdeauna, înaintea lipirii unui set nou de plăci, se procedează la reglări și încercări.

La utilizarea instalațiilor de lipire în val trebuie acordată atenție curățării la timp și cu eficiență a suprafeței aliajului (un strat de 2 - 3 mm de impurități compromise lipirile, o parte din acestea fiind antrenate în val). De asemenea, periodic, în funcție de ce și cât se lipește, este necesară înlocuirea aliajului impurificat cu metale (cupru, metale de acoperire) dizolvate, oxizi și alți compuși formați în urma contactului cu plăcile, cu mediul și cu transportorul.

Unii producători recomandă acoperirea aliajului cu o peliculă de ulei¹⁵, aceasta favorizând umezirea și întinderea aliajului precum și drenarea. Totuși, uleiul se impurifică repede (trebuie înlocuit) și este necesară o curățare post lipire eficientă; în prezent procedeul este rar folosit.

La lipirea plăcilor în val, ca la orice lipire în băi, apar numeroase restricții referitoare la geometriile traseelor, distanțele dintre conductoare, forma și dimensiunile pastilelor de lipire din jurul găurilor, pozițiile relative ale terminalelor, forma și dimensiunile plăcilor, existența sau lipsa măștii selective de lipire și multe altele. Unele restricții sunt „generale”, în sensul că trebuie respectate indiferent de utilaje, altele sunt specifice - depind direct de performanțele instalațiilor. De toate aceste restricții tehnologice trebuie să se țină seama la proiectarea cablajelor imprimate (cap. 4), operație cu un cost incomparabil mai redus decât al instalațiilor de lipire și al decelării și refacerii lipiturilor defecte.

Constructiv, instalațiile de lipire în val sunt destul de complicate, date fiind temperatura de lucru mare, vâscozitatea mare a aliajului, cerințele de reducere a impurificării etc. Gradul de automatizare al operațiilor este foarte variabil, în funcție de cerințe, preț etc.

Cuvele, pompele și ajutajele se construiesc din oțeluri inoxidabile, rezistente la temperatura de lucru și insolubile în aliaj.

Deplasarea aliajului se asigură cu pompe cu antrenare (cu roți dințate, cu elice), mai rar cu pompe centrifugale sau electromagnetice¹⁶.

¹⁵ A nu se confunda cu „lipirea cu ulei” care presupune amestecarea uleiului cu aliajul topit (procedeu neutilizat în prezent). Uleiul de protecție este nemiscibil cu aliajul și formează un strat protector la suprafață; se folosește uleiul de cocos, rar ulei de parafină, etc.

¹⁶ Principiul este următorul: un curent cu intensitate foarte mare circulă prin aliaj, perpendicular pe direcția de înaintare și interacționează cu un câmp magnetic intens, perpendicular atât pe direcția de înaintare cât și pe direcția curentului, rezultând o forță electromagnetică capabilă să deplaseze aliajul în direcția dorită. Avantajele procedurii constau în lipsa pieselor în mișcare (uzură practic nulă), intrarea în funcție practic fără inerție (aliajul

Întotdeauna instalațiile sunt prevăzute cu sisteme de evacuare a gazelor și particulelor în suspensie în aer; evacuarea este necesară atât pentru reducerea impurificării aliajului cât și pentru asigurarea unor condiții de muncă corespunzătoare pentru operatori.

Instalațiile de lipire în val au două dezavantaje importante:

- nu pot realiza lipirea decât pe o singură față a cablajelor; deși se produc componente (de regulă pasive, cum sunt rezistoare, condensatoare ceramice, ...) capabile să reziste la temperatura de lipire (timp limitat, 10 - 20secunde) și deci pot fi montate pe fața care trece prin val, utilizarea acestora este redusă;
- nu pot fi folosite pentru lipirea pieselor montate pe suprafață (SMD); pentru acestea sunt dezvoltate alte tehnologii de lipire.

Parțial, aceste dezavantaje sunt suplinite prin faptul că, în prezent, există o gamă destul de largă de componente pasive și semiconductoare care suportă imersia în valul de lipire, durata acestei imersii fiind redusă (10 – 20sec.). În cazul pieselor cu terminale în găuri, bine fixate, nu prea apar probleme, în cazul SMD-urilor, fixarea nu este prea rezistentă iar terminalele subțiri nu suportă solicitările mecanice mari din partea aliajului, cu viscozitate mare, în mișcare rapidă, din val.

5.5. Lipirea prin retopire (reflow)

5.5.1. Generalități. Clasificarea tehnologiilor tip „reflow”

Tehnicile de lipire prin retopire s-au dezvoltat și diversificat odată cu răspândirea utilizării dispozitivelor montate pe suprafață (SMD), pentru lipirea cărora metodele în băi și val nu sunt adecvate.

Lipirea prin retopire (reflow) presupune retopirea aliajului depus pe suprafețele de lipit înainte de încălzire; în timpul lipirii nu se realizează aport de aliaj. Evident, procesul lipirii are loc în prezența fluxului, de regulă depus odată cu aliajul, deci înaintea încălzirii.

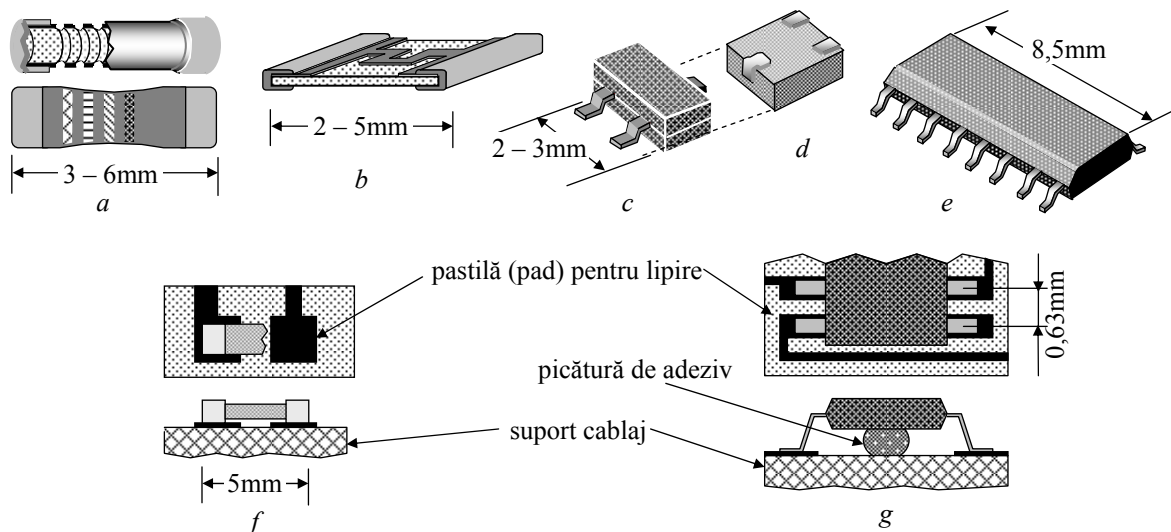


Fig. Componente cu montare pe suprafață (SMD) și plasare pe cablaj: *a* – rezistor MELF (Metal Electrode Faced); *b* – rezistor plachetă; *c* – tranzistor; *d* – filtru cu undă de suprafață (SAW Filter); *e* – circuit integrat; *f, g* – plasarea unui rezistor și a unui circuit integrat pe placa de cablaj

În prezent, foarte frecvent, pentru lipirea prin retopire se folosește aliaj și flux sub formă de *pastă de lipit*, depusă în strat subțire pe conductoarele imprimate, în punctele de lipire. Uneori (destul de rar) se folosesc preforme plasate în punctele de lipire. Piesele se

se circulă numai pe durata strict necesară existenței valului), pierderi de căldură reduse etc. Procedul este folosit, dar nu prea des din cauza dificultăților de realizare a izolațiilor electrice și de creare a câmpului magnetic

plasează pe cablaj, pe una sau ambele fețe, cu terminalele ușor apăsate pe stratul de pastă umedă (sau pe preformă), fiind menținute în pozițiile fixate prin însușirile adezive ale pastei de lipit sau, cum se procedează frecvent, din motive evidente, cu câte o picătură de adeziv plasată sub corp (capsulă) - fig. de mai sus. Zonele de lipire sau întregul ansamblu sunt apoi încălzite până la temperatura de lipire.

Obligatoriu, terminalele și conductoarele imprimate sunt **precursorite** (galvanizate) în zonele de lipire.

Tehnologiile de lipire prin retopire se pot grupa, după modul în care se face încălzirea pentru lipire, în două categorii:

- **cu încălzire locală**, la locul lipirii; terminalele se lipesc unul câte unul, în grupuri sau toate în același timp, în funcție de modalitatea concretă de încălzire;
- **cu încălzire globală**, a întregului ansamblu (suport, conductoare, piese). În fiecare categorie există diverse tehnici - tabelul 5.

Lipirea prin retopire presupune, ca primă etapă, depunerea pastei de lipit și eventual, a adezivului; apoi sunt parcurse mai multe **etape**: preîncălzirea, uscarea fluxului, retopirea aliajului de lipit și răcirea, în fiecare etapă temperatura trebuie să varieze în timp cu anumite viteze, între anumite valori; graficul variației în timp al temperaturii reprezintă *profilul termic*, o caracteristică esențială a procesului

Tabelul 5. Tehnici de lipire prin retopire

TEHNICI DE INCALZIRE PENTRU LIPIRE				
INCALZIRE LOCALA		INCALZIRE GLOBALA		
încălzire “de sus”	încălzire “de jos”	încălzire “de sus”	încălzire “de jos”	încălzire “de sus și “de jos”
<ul style="list-style-type: none"> • prin conducție termică • cu infraroșii • cu laser • prin rezistență • cu jet de aer fierbinte 	<ul style="list-style-type: none"> • prin curenți turbionari (încălzire prin inducție) 	<ul style="list-style-type: none"> • cu aer fierbinte • cu radiații infraroșii 	<ul style="list-style-type: none"> • prin contact cu bloc fierbinte • în lichid fierbinte cu aer fierbinte • cu radiații infraroșii 	<ul style="list-style-type: none"> • cu aer fierbinte • în lichid fierbinte • în vapori saturați

Depunerea pastei de lipit

Înainte procesului de lipire propriu zis, se procedează la depunerea pastei de lipit și, eventual, a adezivului.

Există o varietate de procedee de depunere, de la cele mai simple - prin imersia terminalelor în baie cu pastă până la sisteme controlate prin calculator, cu vizualizare pe monitor a regiunii de depunere; în tabelul 6 se prezintă procedeele frecvent folosite în prezent.

Tabel 6. Procedee de depunere a pastei de lipit

Procedeu	Avantaje	Dezavantaje
Transfer pe terminal	Proces rapid Utilaje simple Aplicabil pentru suprafețe neregulate Control aproximativ al cantității Întreținere simplă	Greu de automatizat Sistem deschis Gamă limitată de SMD-uri Nu se poate procesa imediat după depunere
Sub presiune (cu seringă, cu pompă cu piston, ...)	Utilaje mecanice simple Aplicabil pentru suprafețe neregulate Bun control al cantității Sistem închis Gamă largă de SMD-uri	Proces lent Greu de automatizat Întreținere pretențioasă

	Se poate procesa imediat după depunere	
Cu șablon sau mască serigrafică	Procedeu rapid Utilaje mecanice simple Bun control al cantității Întreținere simplă Se poate procesa imediat după depunere	Aplicabil numai pentru suprafețe plane Greu de automatizat Sistem deschis Gamă limitată de SMD-uri

Depunerea pastei de lipit *prin transfer pe terminale*, se face prin imersia terminalelor pieselor (sau a marginilor plăcilor, dacă este cazul), în rezervoare cu pastă de lipit; apoi, piesele se așează pe plăci în pozițiile de lipire. Cantitatea depusă este controlabilă destul de aproximativ, prin viscozitatea pastei, prin forma și dimensiunile terminalelor. Procedeu este avantajos în cazul pieselor cu foarte multe și apropiate terminale, care pot fi acoperite toate simultan. Operațiile pot fi executate manual (ieftin) sau automat. Cel mai important dezavantaj al procedurii constă în posibilitatea impurificării pastei prin imersie repetată a terminalelor.

Depunerea, pastei de lipit *sub presiune* se realizează în mai multe variante: cu seringă, cu pompă sau cu dispozitiv melcat (șurub Arhimede).

Depunerea cu seringă este un procedeu manual, foarte simplu: un piston, acționat manual sau pneumatic, se deplasează în rezervorul cilindric și forțează pasta să iasă prin canalul tubului - ac de seringă, cu capăt tăiat oblic; pasta se depune deplasând acul concomitent cu apăsarea pistonului. Controlul cantității se asigură urmărind deplasarea pistonului pe gradările tubului sau pe o bandă gradată fixată la capătul cilindrului, folosind un reper fixat pe tijă.

Utilizarea seringilor este foarte răspândită, deoarece are avantaje:

- pasta se poate depune și în locuri greu accesibile, pe suprafețe neregulate;
- depunerea se poate face pentru SMD-uri, după ce piesele montate în găuri au fost lipite;
- procedeu este flexibil, ușor adaptabil la noi configurații;
- seringile nu trebuie curățate și sunt disponibile la prețuri neglijabile.

Dezavantajele sunt legate de faptul că procedeul este manual, deci lent, iar calitatea depunerii (în principal controlul cantității) depinde de îndemânarea operatorului. Parțial, aceste dezavantaje pot fi suplinite folosind pentru deplasarea pistonului, o pompă cu aer care asigură presiune constantă pe piston (dispozitivul dispune de semnalizare la scăderea presiunii); cu asemenea accesoriu, depunerea este mult mai rapidă și mai uniformă.

Depunerea cu pompă cu piston de împingere a pastei se face în picături, cu un dispozitiv ca cel din fig. alăturată. Diametrul picăturilor este în funcție de diametrul tubului de depunere (interschimbabil) iar cantitatea se reglează cu mare precizie, reglând volumul camerei de umplere. Deoarece distanța tub depunere - suport este greu să se mențină constantă, acoperirea suprafețelor mari se face cu picături suprapuse - aceasta poate crea probleme la lipire. Deși pare simplă, pompa de depunere este un mecanism complicat și scump.

În prezent se folosesc și alte dispozitive pentru depunerea pastei, cum sunt:

- cu cartuș deformabil (asemănător tubului cu pastă de dinți), prevăzut cu tub de depunere tip ac de seringă;
- cu sistem de antrenare a pastei cu șurub melcat (șurubul lui Arhimede).

Majoritatea dispozitivelor de depunere pot fi manuale sau incluse în echipamente mai mult sau mai puțin automatizate.

Foarte utilizate sunt sistemele semi-automate: deplasarea dispozitivului se face sub comanda operatorului care vizualizează zona de lucru (mult mărită) pe ecranul unui monitor iar la comanda manuală a depunerii, sistemul asigură plasarea tubului la distanță potrivită și acționarea dispozitivului de împingere a pastei; asemenea sisteme sunt foarte productive și asigură depuneri de bună calitate.

Depunerea pastei de lipii *prin serigrafie sau cu șablon* se face după principiul expus în 1.4.3. Se folosește o mască serigrafică sau un șablon cu orificii neobturate în zonele de depunere, fixate pe rame potrivite. Placa de cablaj se fixează pneumatic pe masa mașinii de imprimat iar deasupra, la mică distanță se plasează rama cu masca serigrafică sau șablon; în ramă se pune o cantitate de pastă care, prin deplasarea cu apăsare a unei raclete, este forțată să treacă prin orificii.

Maștile serigrafice se realizează exact ca în cazul imprimării imaginii cablajelor imprimate, pe site serigrafice din fire de poliester sau oțel.

Șabloanele sunt din folii subțiri (1 – 50 μm) din bronz sau oțel inoxidabil, fixate (lipite) pe site de tip serigrafie, în care s-au practicat degajări prin corodarea chimică¹⁷. Se apreciază că depunerile cu șablonul sunt de mai bună calitate (control mai precis al cantității de pastă).

Depunerea pastei de lipit prin acest procedeu pune destule probleme¹⁸: suprafețele pe care se face depunerea trebuie să fie plane, contează forma lamei, poziția (unghiul cu direcția de translație), viteza de translație și materialul racletei, presiunea pe șablon, contează profilul la marginile degajărilor, viscozitatea și însușirile adezive ale pastei de lipit (de exemplu dimensiunile particulelor de aliaj) etc. Cele mai mari dificultăți apar la acoperirea suprafețelor mari (raport suprafață - volum mare) - pasta tinde să aibă grosime neuniformă și a suprafețelor

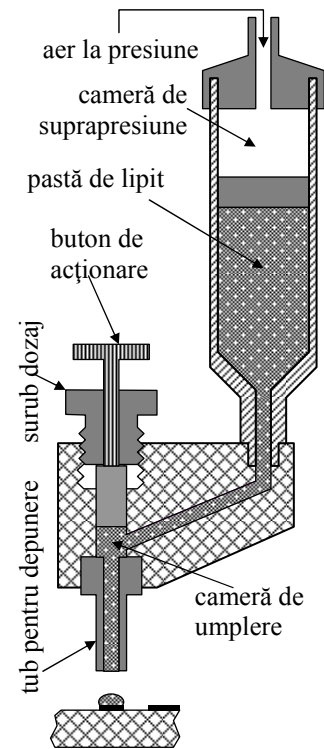


Fig. Pompă pentru depunere pastă de lipit (dispenser)

¹⁷ Se folosește tehnologia substractivă de fabricare a cablajelor imprimate

¹⁸ În cazul imprimării imaginii cablajelor imprimate se folosește cerneală (lac) puțin adezivă, cu fluiditate ușor reglabilă la optim și nu prea contează uniformitatea grosimii peliculei depuse.

dreptunghiulare (la colțuri depunerea este neuniformă). Printre soluții sunt: depunerea prin orificii cu dimensiuni variabile, rotunjirea colțurilor, modificarea profilului șablonului pe marginile degajărilor¹⁹.

De regulă procedeul este folosit în instalații cu grad înalt de automatizare, pentru producția de serie mare, pentru cablaje cu mare densitate de componente cu dimensiuni mici, astfel ca costurile mari ale utilajelor și de întreținerea să fie justificate.

Depunerea adezivului, de regulă rășini epoxidice, se face prin aceleași procedee ca și a pastei, de regulă pe suport (mai rar pe piese), sub formă de picături sau pelicule; de regulă, condițiile sunt mult mai puțin restrictive ca în cazul depunerii pastelor. Mult folosite sunt pompele cu presiune, tuburile cu deformare și procedeul serigrafic/cu șablon. Cantitatea necesară de adeziv depinde de mărimea pieselor - pentru piese mari se depun mai multe picături sau suprafețe mai mari. Peliculele sau picăturile trebuie să aibă înălțime suficientă pentru ca să facă contact bun cu piesele, pe suprafețe destul de mari. În cazul picăturilor, forma depinde de natura adezivului.

Profilul termic la lipirea prin retopire

După depunerea pastei și (eventual) a adezivului, în procesul lipirii, sunt parcurse mai multe etape în care temperatura trebuie să varieze în timp cu anumite viteze, între anumite limite, după o curbă numită *profil termic*, o caracteristică esențială a procesului complex de lipire. Un profil termic tipic arată ca în fig. alăturată.

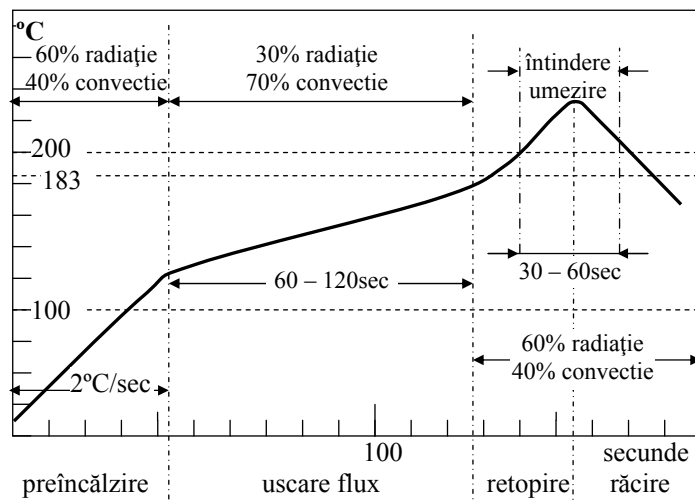


Fig. Profil termic tipic la lipirea prin retopire

Profilul termic include patru zone:

- *zona de preîncălzire*, în care temperatura crește lent, cu 2 – 4 °C/sec, până la 100 – 150 °C, pentru reducerea șocului termic asupra componentelor; în acest timp are loc lichefierea fluxului și evaporarea solvenților din pasta de lipit;
- *zona de uscare* (prelipire), în care are loc uscarea completă a pastei și se activează fluxul - începe acțiunea de curățare a suprafețelor;
- *zona de retopire*, în care fluxul își accentuează efectul de curățare iar aliajul se lichefiază, umezește suprafețele și se întinde; durata cât aliajul este lichid (uzual 30 - 60 sec.) este numită *timp de umezire* - un timp prea mare duce la formarea de compuși intermetalici, lipitura devine friabilă; de obicei temperatura maximă depășește cu ≈ 20 °C temperatura de topire;

¹⁹ Degajările nu se fac prin corodare chimică; se folosește frezarea mecanică (greu de făcut la dimensiuni foarte mici), frezarea cu laser (apar bavuri) etc

- *zona de răcire*, în care se solidifică aliajul, în care temperatura nu trebuie să scadă prea repede deoarece pot apare crăpături în aliaj ($\approx 3^\circ\text{C}/\text{sec}$ este satisfăcător).

Profilul termic se stabilește experimental, pe baza recomandărilor producătorilor de paste de lipit și de componente (SMD-uri). Evident, există toleranțe în respectarea curbei de variație a temperaturii, dar de obicei acestea sunt destul de mici (de ordinul a 3 – 5% față de curba ideală); se poate vorbi despre o **bandă admisă a profilului termic**, în care trebuie să se afle curba evoluției temperaturii în timp - fig. de mai sus. Dacă abaterile sunt mari, apar consecințe negative, indicate în fig. de mai sus.

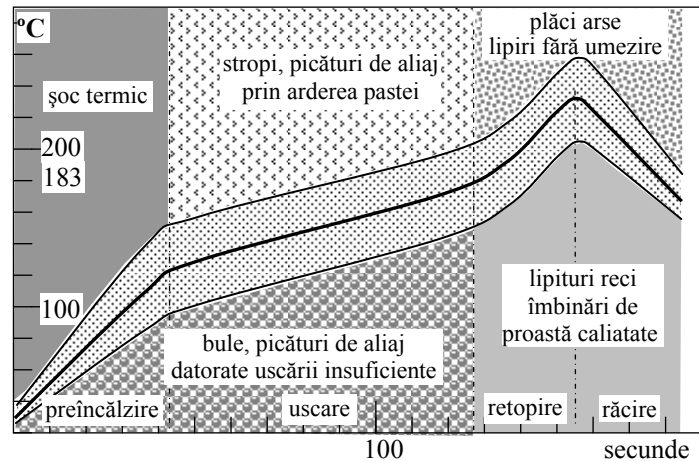


Fig. Banda admisă a profilului termic și consecințele nerespectării regimului termic

Dacă abaterile sunt mari, apar consecințe negative, indicate în fig. de mai sus.

Procedee de lipire prin retopire

Tehnicile utilizate pentru lipirea prin retopire sunt de o mare diversitate (tabel 6); în continuare se vor prezenta cele mai frecvent folosite.

1. Lipirea prin conducție termică

În această tehnologie se folosește un **cap de încălzire**, cu formă potrivită care se pune în contact cu terminalele în punctele de lipire și se apasă cu o forță redusă. Procedeele sunt foarte asemănătoare cu lipirea cu ciocanul, cu deosebirea că pe capul (vârful) de lipire nu se află aliaj²⁰. Evident, procedeul poate fi aplicat manual, folosind ciocane de lipit de mică putere, termostate, cu vârfuri cu forme potrivite, în producția industrială se folosesc capete de încălzire cu forme variate, utilizabile pentru lipirea simultană a mai multor terminale (bare, forme ca în fig. precedente) etc. iar procesul poate fi parțial sau complet automatizat.

La aplicarea acestui procedeu, trei factori sunt esențiali: temperatura capului de lipire, durata încălzirii și forța de apăsare; cu cât acestea sunt mai mici (în limitele admise), pericolul de avariere este mai mic dar și durata operațiilor este mai mare.

Într-o variantă a acestei tehnici, utilizată rar și numai pentru plăci mici cu piese plasate pe o singură față, plăcile se transportă pe site metalice foarte fine în contact cu un șir de bare sau plăci încălzite electric; temperatura barelor variază în succesiune corespunzător realizării profilului termic. Procedeele sunt foarte simple (a fost primul folosit pentru SMD-uri) dar cu productivitate mică. În cazul lipirii manuale, calitatea depinde de îndemânarea operatorilor iar când se folosesc mașini capetele trebuie dirijate manual, curățate și este greu de asigurat o forță de apăsare constantă.

2. Lipirea în fază de vapori

²⁰ Vârful se umezește foarte puțin

Acest procedeu²¹ face parte dintre tehnologiile cu transfer global al căldurii.

În această tehnică, plăcile, preîncălzite la 100 – 120 °C, se introduc într-o incintă cu vapori saturanți, deasupra unui lichid adus la fierbere - fig. alăturată. Evident, temperatura de fierbere a lichidului trebuie să fie la valoarea temperaturii de lipire (210 – 240 °C). Căldura se transferă ansamblului, în cea mai mare parte prin condensarea vaporilor pe plăcile relativ reci (acest transfer este foarte rapid, foarte eficient energetic) apoi prin convecție. Răcirea, după extragerea plăcilor din incinta de lipire, trebuie făcută destul de repede, pentru a preveni formarea granulelor de aliaj care încă este lichid.

Lipirea în fază de vapori are multe avantaje:

1. Temperatura în incintă se menține constantă, fără sisteme speciale (temperatura de fierbere și a vaporilor saturanți este constantă la presiune constantă). Fluidele utilizate au temperatura de fierbere de 215 – 220 °C și plăcile nu pot fi supraîncălzite iar lipirea se face mai rapid și la temperaturi mult mai joase decât în alte procedee (transferul căldurii, rapid și în cantitate suficientă, se datorează cedării căldurii latente și nu diferenței de temperatură). Controlul perfect al temperaturii este cel mai mare avantaj al procedurii; nici o altă metodă nu asigură un control atât de bun și de simplu.
2. Impurificarea fluxului și aliajului, prin oxidare în principal, este total evitată, lipirea având loc în atmosferă inertă. Ca urmare, se pot folosi fluxuri slab active sau inactive, în cantități mici, care dau reziduuri puține și sunt ușor de înlăturat. Lichidul în fierbere se impurifică puțin și poate fi recirculat mult timp fără dificultăți (în partea de sus a incintei este plasat un condensor răcit cu apă sau aer). Un grad de impurificare subsistă însă (mai ales în cazul fluxurilor „obișnuite”) și periodic este necesară oprirea instalației și curățarea lichidului (prin răcire pentru precipitarea fluxurilor și filtrare).
3. Se pot face lipiri pe subansamble cu configurații complicate, cu piese terminale foarte fine și apropiate (1,27 – 0,63mm), vaporii asigurând încălzirea întregului ansamblu;
4. Punerea în funcție a instalației este foarte rapidă - câteva minute (în alte procedee sunt necesare ore până la atingerea regimului termic de lucru).

Ca lichide s-au folosit mult timp diverse varietăți de freon ($t_{fierbere} \approx 215^{\circ}\text{C}$), dar cu probleme de poluare. În prezent se folosesc pe scară largă compuși nepoluanti, cum sunt *pentapolipropilena fluorată* (E5) și *perfluortrianilamina* (FC-70). Deoarece vaporii au densitate mult mai mare decât aerul, incinta nu trebuie să fie etanșă (de altfel nici nu se poate etanșă – fierberea trebuie să se facă la presiune constantă).

Densitatea mare a vaporilor saturanți, este și un dezavantaj: în jurul plăcilor, datorită curenților de aer (apar la deplasarea plăcilor, de exemplu) se formează zone cu temperatură mai joasă, în care vaporii se condensează, formând o ceață de picături foarte fine care „izolează” zone ale plăcilor de vaporii fierbinți - în acele regiuni lipirea este de slabă calitate. Agitarea mecanică nu dă rezultate - se formează și curenți de aer rece și de altfel există soluții mult mai bune, mai ieftine și mai eficiente - acestea sunt prezentate mai jos.

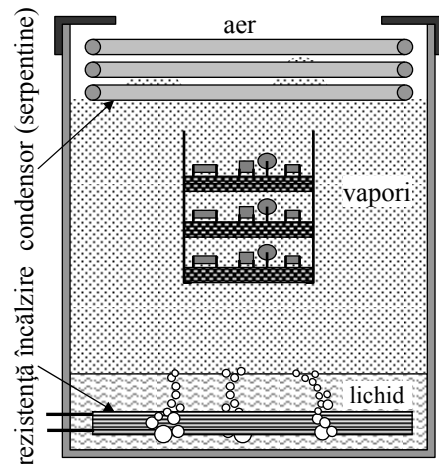


Fig. Lipirea în fază de vapori

²¹ Lipirea în fază de vapori a fost introdusă prin 1974 pentru lipirea conductoarelor pe pini de wrapping.

2.a. Lipirea cu fază de vapori secundară (prin condensare)

Acest procedeu este o variantă a lipirii în fază de vapori, în care se asigură formarea unei păături de vapori saturați fierbinți (în care se face lipirea), „izolată” de aerul rece cu un strat de vapori ai unui al doilea lichid. Pentru aceasta, în incintă, pe lângă lichidul „primar”, cu $t_{fierbere} = t_{lipire}$ se introduce un al doilea lichid „secundar”, cu temperatură de fierbere mai joasă și cu o densitate a vaporilor mult mai mică. Plăcile se plasează sub trei serpentine de răcire și condensare care, de jos în sus - fig. de mai jos, asigură: condensarea vaporilor „primari” ai lichidului primar (SA), condensarea vaporilor „secundari” ai lichidului secundar (SBb), și condensarea picăturilor de ceață (SC), eventual formată.

În regiunea inferioară a incintei, sub prima serpentină de condensare (SA în fig. alăturată), există vapori saturați primari. Deasupra acestui strat, există practic numai vapori saturați secundari. Datorită diferenței de densitate și de temperatură, demarcația între cele două straturi este destul de netă, convecția vaporilor primari în stratul superior este redusă. Astfel, stratul de vapori secundari „izolează” stratul de vapori primari de influența aerului rece. Se va remarca că o mare cantitate de vapori secundari este pierdută în atmosferă și este necesară o permanentă completare cu lichid.

Ca lichid secundar se folosește de regulă *trichlorotrifluoretanul*, care este ieftin și total inert și stabil față de lichidul primar (și față de piese, suporturi izolante etc.); de asemenea, este netoxic și nepoluant. Trichlorotrifluoretanul fierbe la 47,5 °C, dar în stratul de deasupra vaporilor primari, în imediata apropiere, ajunge la peste 88 °C datorită difuziei vaporilor primari.

Lichidul secundar este injectat în spațiul dintre serpentinele de condensare a vaporilor în cantități determinate.

Pentru ca în prima serpentină de condensare (SA, fig. de mai sus) să se condenseze numai vaporii primari, prin acestea circulă apă încălzită la 50 – 60 °C, puțin peste temperatura de fierbere a lichidului secundar. La punerea în funcție apa este preîncălzită, apoi temperatura se menține pe seama condensării.

Sucesiunea operațiilor, după depunerea pastei de lipit și montarea pieselor, este:

- pachetul de plăci se introduce în zona vaporilor fierbinți, unde are loc lipirea și sunt menținute aici timp de 40 – 60 sec.;
- apoi plăcile sunt ridicate în pătura cu vapori secundari, unde staționează 60 – 120 sec.; aici, datorită temperaturii mari a suprafețelor, are loc evaporarea completă a condensului de lichid primar;
- în final, plăcile sunt scoase din incinta de lipire, lăsate să se răcească și, dacă este cazul, trecute la curățarea post-lipire.

În general sunt necesare puține controale privind temperatura; totuși, la introducerea plăcilor are loc o scădere a temperaturii, care poate fi compensată alimentând rezistențe de încălzire suplimentare. De asemenea, sunt prevăzute sisteme de protecție la supraîncălzire.

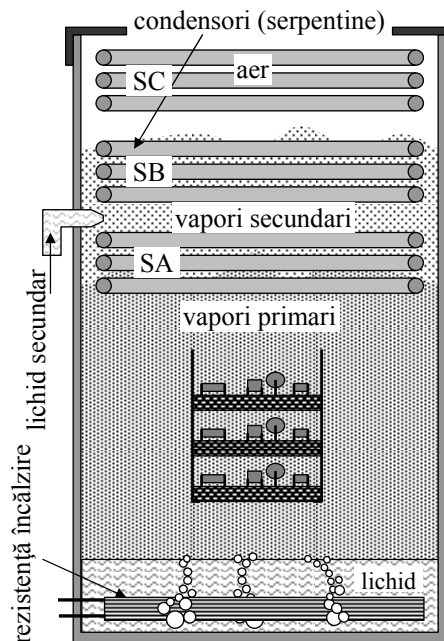


Fig. Lipirea cu fază de vapori secundară

3. Lipirea cu radiații infraroșii

Lipirea cu radiații infraroșii (IR - Infrared Radiations) se poate face:

- cu încălzire locală - fig. de mai jos, *a*, focalizând radiațiile în punctele de lipire;
- cu încălzire globală - fig. de mai jos, *b*, dirijând radiațiile asupra întregului ansamblu.

Lipirea cu IR este un procedeu foarte flexibil - fluxul radiat poate fi ușor și precis controlat, curat - zonele de lipire nu sunt în contact cu sursa de căldură, lipirea se poate face ușor în atmosferă inertă (azot) iar costul echipamentelor și al întreținerii este relativ redus.

Sursele de IR pot fi amplasate *sus* (convecția nu contează), *jos* sau *și sus și jos* (în ultimele două cazuri convecția contribuie într-o măsură la încălzire, mai ales la preîncălzire).

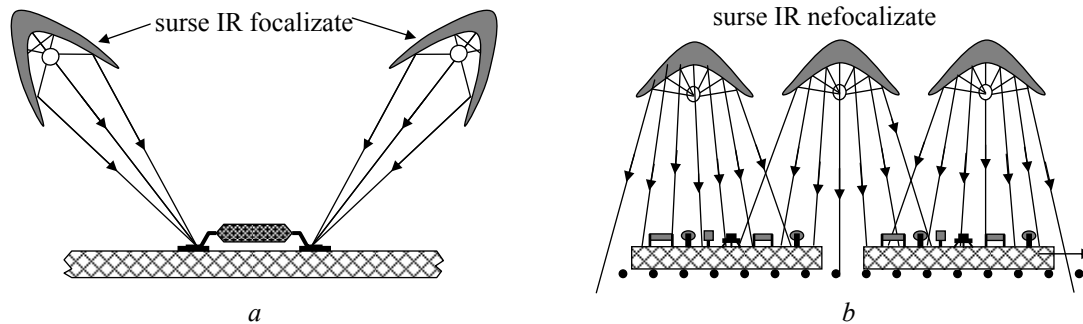


Fig. Principiul lipirii cu radiații infraroșii: *a* - local, *b* - global

Principalul avantaj al lipirii cu IR focalizate constă în posibilitatea de a controla ușor și precis valoarea și distribuția temperaturii, ceea ce permite lipirea în flux continuu a pieselor dintr-un ansamblu în care se folosesc diferite paste sau preforme din aliaje cu puncte de topire diferite. Procesul nu este rapid, deoarece căldura se aplică punctual.

Dezavantajele lipirii cu IR focalizate constau în: posibilitatea supraîncălzirii și avarierii pieselor, conductoarelor sau suportului, dacă focalizarea nu se face exact în zonele de lipire. În general, poziționarea este dificilă, pot apărea zone „umbrite” în care IR nu ajung iar echipamentele necesare sunt complicate și scumpe și de aceea metoda este relativ rar utilizată.

Avantajele lipirii cu IR difuze - metoda cea mai folosită, constau în simplitatea echipamentelor, reglajelor și întreținerii, ușurința modificării condițiilor de lucru și în faptul că în aceeași instalație se realizează și preîncălzirea și lipirea.

Lipirea cu IR cu încălzire globală are mai multe dezavantaje, printre care:

- materialele au coeficienți de absorbție diferiți și este posibil ca suportul sau unele piese să se încălzească mai mult decât zonele de lipire și pot apărea „puncte fierbinți” (trebuie redusă viteza de deplasare a plăcilor pentru uniformizarea temperaturii);
- la lipirea plăcilor cu configurații diferite (distribuții diferite ale conductoarelor, pieselor, culorilor etc.), pot apărea diferențe mari de absorbție a IR și se impune modificarea regimului energetic al surselor;
- și în acest caz pot apărea zone umbrite, puncte de lipire în care IR nu ajung.

Cantitatea de căldură transmisă zonei de lipire depinde de fluxul de energie incident și de coeficientii de absorbție ai suprafețelor (o parte din energie este reflectată); fluxul incident depinde de sursa de IR (lungimea de undă a radiației, forma sursei), de dimensiunile, forma și coeficientul de reflexie al reflectoarelor și de coeficientul de absorbție al mediului de propagare. Se observă că pentru a face procesul eficient, trebuie controlați mulți parametri.

În funcție de modul concret de furnizare a căldurii prin intermediul IR, procedeul se aplică în trei variante: cu lămpi de IR, cu panouri generatoare de IR și în varianta combinată - IR și convecție.

În procedeul de lipire cu lămpi generatoare de infraroșii, se folosesc tuburi (fig. alăturată) cu reflector exterior sau, rar în prezent, becuri de cuarț cu reflector încorporat, cu filamente din wolfram încălzite, care generează radiații infraroșii în banda 1 – 3 μm .

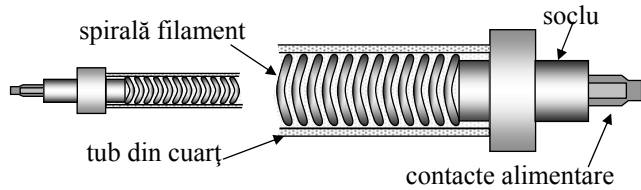


Fig. Tub din cuarț pentru încălzire cu radiații infraroșii

Destul de mult utilizate sunt plăcile generatoare de radiații infraroșii. Aceste surse au o structură „sandwich”, cu rezistențe încălzite între un strat reflectant și o folie radiantă - fig. alăturată. Avantajul utilizării plăcilor constă în suprafața mare de contact cu aerul și ca urmare căldura vehiculată prin convecție este importantă. Obișnuit, plăcile se folosesc ca surse de căldură în instalații de lipire cu transfer de căldură combinat - radiație și convecție.

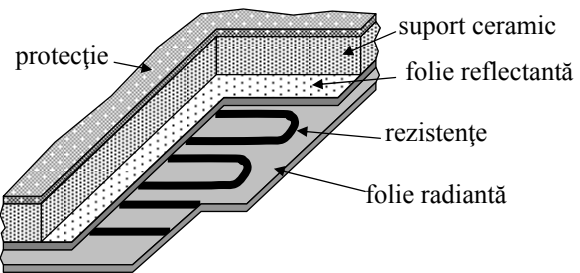


Fig. Structura unei plăci radiante IR

O instalație de lipire cu lămpi de IR cuprinde: incinta de încălzire cu sursele de IR, sistemul de transport al plăcilor, blocul de alimentare și sistemul de reglaj cu comenzi accesibile de la panou pentru realizarea profilului termic potrivit (traductori de temperatură, blocurile de reglaj a curentului lămpilor și blocul de reglaj al vitezei de deplasare a plăcilor). În asemenea instalații, transferul de căldură prin convecție este redus, de regulă neglijabil. În prezent, sunt disponibile instalații cu performanțe și prețuri variate: de la cele simple, cu plasare manuală a plăcilor de dimensiuni reduse (circa 20 x 20cm) la care mobil este sistemul de încălzire, la echipamente complexe, de mare productivitate și grad înalt de automatizare.

În prezent, majoritatea acestor echipamente permit lucrul în atmosferă de azot (inertă). Instalațiile sunt acoperite cu un capac (folie plastică pe rame metalice) iar plăcile intră și ies prin perdele; în interior se introduce azot cu o presiune puțin peste cea atmosferică. Etanșeitatea nu e perfectă, dar nici nu e necesar.

Convecția poate fi naturală - se transportă un procent mic de căldură, sau forțată - se transportă un procent apreciabil de căldură.

Instalațiile cu convecție forțată sunt în general, complexe și scumpe, dar asigură o încălzire mai rapidă a plăcilor (productivitate mai mare) și încălzirea suprafețelor „umbrite”, avantaje importante care au determinat utilizarea frecventă a procedurii. Aerul (sau azotul) este vehiculat cu pompe (ventilatoare) și se încălzește fie la trecerea prin orificiile practicate în plăci (eficiența este mică, metoda nu prea este folosită), fie în camere de încălzire, ca în fig. de mai sus.

Schema unei instalații de lipire cu IR și convecție arată ca în fig. de mai sus. Pentru fiecare zonă a profilului termic sunt prevăzute plăci radiante IR cu orificii și camere de încălzire a aerului, cu reglaje proprii. O mare parte din aerul (sau azotul) încălzit este recirculat pentru creșterea eficienței energetice, iar plăcile intră și ies prin deschideri înguste, cu perdele.

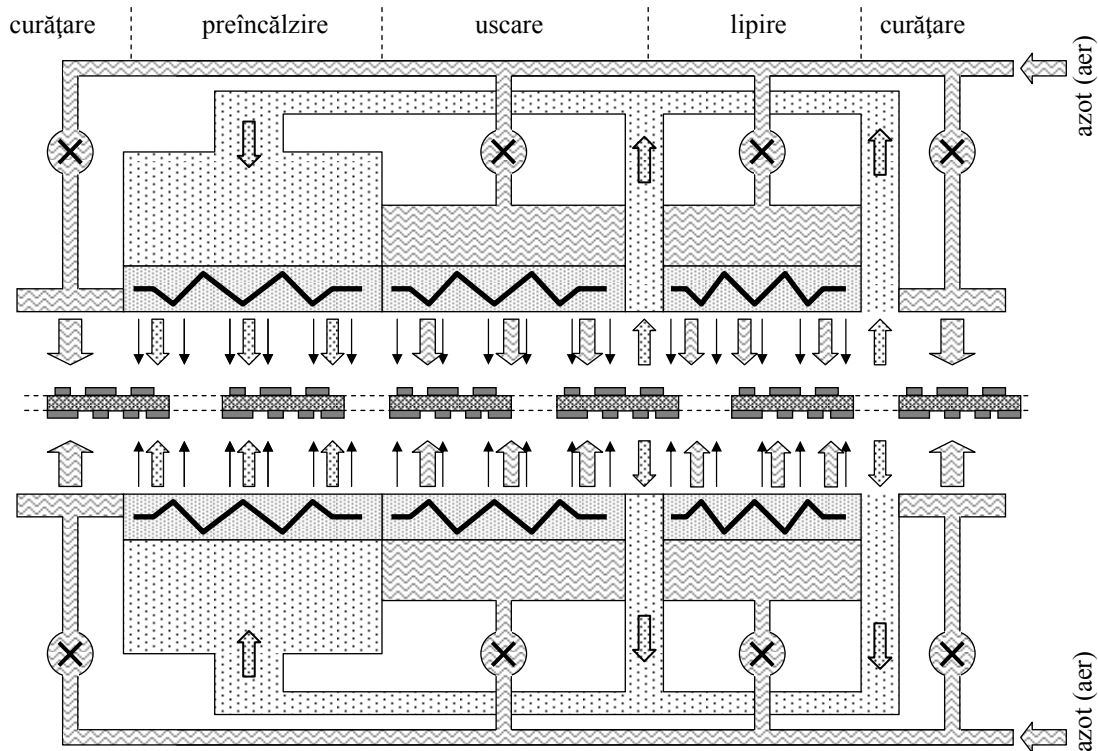


Fig. Instalație de lipire cu radiații infraroșii și convecție forțată

4. Tendințe și perspective în tehnologia de lipire prin retopire

Lipirea prin retopire este o tehnică predominantă de lipire în industria electronică, având avantajul esențial de a aplica *cantitatea necesară de căldură în locul necesar și în momentul necesar*.

Aceste caracteristici permit lipirea pieselor mici, cu terminale subțiri. Tehnicile actuale asigură curent lipirea terminalelor distanțate la 1,27 mm (50 mils = 1/20 inches), multe instalații din producția de serie asigură și lipirea terminalelor la 0,635 mm (25 mils = 1/40 inches), dar există și instalații pentru lipirea terminalelor la 0,5 mm (20 mils = 0,508 mm)²².

În cazul pieselor cu terminale la distanța de 0,635 mm (între axe) și foarte subțiri, pad-urile sunt foarte mici (circa 0,4 mm lățime x 0,5 – 1 mm lungime). Ca urmare, apar probleme deosebite la depunerea pastei de lipit, care trebuie să fie precis dozată, precis poziționată și cu grosime uniformă. Pentru aceste cazuri, în prezent, se folosesc două tehnici: depunerea cu pompă cu piston și depunerea cu șablon. În ambele cazuri, toate elementele contează - de la structura, viscozitatea și „prospețimea” pastei, la profilul marginii șablonului și la forma raquetei (forma și materialul muchiei active, care „împinge” pasta, sunt esențiale).

Pentru lipirea terminalelor foarte subțiri se lucrează la perfecționarea tehnicilor de lipire cu laser, dar și la introducerea altor procedee. Printre cele mai promițătoare, pare a fi tehnica lipirii cu *micro-flacără*, în care lipirea se face punctual, iar căldura provine de la o flacără obținută prin arderea butanului la ieșirea unui ajutoraj cu diametru mic. O altă tehnică în dezvoltare utilizează, pentru aportul punctual al căldurii, *cabluri din fibră optică*, cu lentile convergente la capăt; sursa de căldură poate fi laser YAG sau o lampă cu Xenon.

O caracteristică a instalațiilor pentru depunerea pastei de lipit și pentru efectuarea lipirii constă în gradul înalt de automatizare (utilajele sunt practic roboți industriali) dar întotdeauna sub controlul operatorilor - zona de lucru este vizualizată, mărită, pe ecranul

²² Distanțele indicate se referă la distanța dintre centrele terminalelor, egală cu lățimea unui terminal și egală cu distanța dintre marginile a două terminale alăturate

monitoarelor TV, iar operatorul poate interveni oricând pentru corectarea operațiilor. Automatizarea totală este posibilă numai la lipirea globală (cu IR sau în fază de vapori, de exemplu).

5.6. Curățarea post-lipire

În toate tehnologiile moderne de lipire în băi sau val, frecvent și la lipirea manuală, se procedează la *curățarea post-lipire*, operație prin care se înlătură reziduurile de flux și alte impurități care, dacă nu imediat, atunci în timp, au efecte dăunătoare (reziduurile de flux sunt adesea corozive, impuritățile formează compuși mai mult sau mai puțin conductori etc.).

Problema curățării nu este simplă cum pare, deoarece:

- nu există limite stabilite pentru „nivelul” de curățenie care nici nu se poate măsura ușor și nici nu se prea poate cuantifica prin valori numerice;
- impuritățile care trebuie înlăturate sunt foarte diverse și utilizarea unui solvent sau a unei tehnici neadecvate poate înrăutăți situația (de exemplu solventul poate ataca suporturile, unele componente, poate lăsa pelicule impurificatoare, ...);
- substanțele utilizabile sunt de regulă poluante, toxice și scumpe, greu de manipulat;
- instalațiile necesare sunt complexe și scumpe, deoarece de regulă se impune recircularea cu purificare a solventilor și asigurarea unui grad de poluare redus.

Curățarea post-lipire se poate face:

- *în linie*, imediat după lipire, placă după placă, procedeu recomandabil deoarece impuritățile nu au timp să-și modifice structura (de exemplu să polimerizeze) sau să formeze compuși greu de înlăturat;
- *în loturi*, formând „pachete” (loturi) de plăci, care se introduc în instalațiile de curățare; procedeul este mult mai ieftin dar mai puțin eficace.

Curățarea post-lipire se face prin spălarea plăcilor. Se poate folosi apa caldă (în cazul organo-fluxurilor, solubile în apă), apă cu detergenți, combinații apă și solventi sau solventi organici, în diferite moduri.

Curățarea cu solventi nu se poate face „în linie” din cauza mării lor volatilități. În aceste cazuri, se procedează la curățare în loturi, în incinte mai mult sau mai puțin etanșe, de regulă prevăzute cu sisteme de recirculare și purificare.

Dintre solventii organici, mai folosiți sunt compușii clorați, fluroați și alcoolii:

- tricloretilena, ieftină dar foarte toxică și capabilă să atace unele materiale (PVC, polistiren etc.);
- alcoolul etilic sau izopropilic, buni solventi pentru multe impurități, cu toxicitate medie, foarte inflamabili;
- compuși clorofluorocarbonați (CFC), cunoscuți sub denumirea de freon, dintre care Freonul 113 și Freonul TE sunt foarte buni solventi, netoxici, dar cu efecte poluante considerabile²³.

De regulă, simpla spălare nu este destul de eficace - se folosesc mijloace mecanice pentru îndepărtarea microparticulelor (mai ales ioni) aditivate pe plăci: agitatoare, perii cu fire din mase plastice sau vibratoare cu ultrasunete; adesea, sunt utilizate jeturi de lichid.

²³ S-a constatat că freonii distrug pătura de ozon din atmosfera înaltă, pătura care protejează Pământul contra radiațiilor UV. De aceea, la conferința de la Montreal, organizată de ONU în 1987 (au participat 24 de țări industrializate), s-a hotărât reducerea utilizării freonilor. De atunci, multe țări (SUA, Germania,...) au luat măsuri administrative în acest sens. Deși industria electronică nu consuma, în 1987, decât $\approx 12\%$ din freonul utilizat, majoritatea marilor producători de echipamente au trecut la măsuri de eliminare a freonilor din procesele tehnologice.

În cazul folosirii freonilor (113 sau TE), deoarece densitatea vaporilor de freon este mult mai mare decât a aerului, incintele de spălare nu trebuie să fie foarte etanșe iar recircularea se asigură prin obișnuitul ciclu de vaporizare - condensare al lichidelor, în principiu, o instalație de curățare cu freon (fig. alăturată) cuprinde o incintă închisă, cu două compartimente (cuve): în unul se află freon lichid impurificat care se aduce la fierbere cu rezistențe de încălzire iar în al doilea, cu freon purificat, în care se află și generatorul de ultrasunete (sau agitatorul) și în care se introduc pachetele de plăci. Plăcile se introduc mai întâi în vaporii formați deasupra cuvei de fierbere; prin condensarea vaporilor pe plăcile reci se obține o primă (și bună) curățare, iar condensul puternic impurificat curge în prima cuvă. Apoi plăcile sunt introduse în a doua cuvă, unde sunt spălate cu ultrasunete²⁴. În cuva de spălare se produce mereu condens pur, iar lichidul în exces revine în cuva de fierbere, astfel încât se menține o impurificarea redusă.

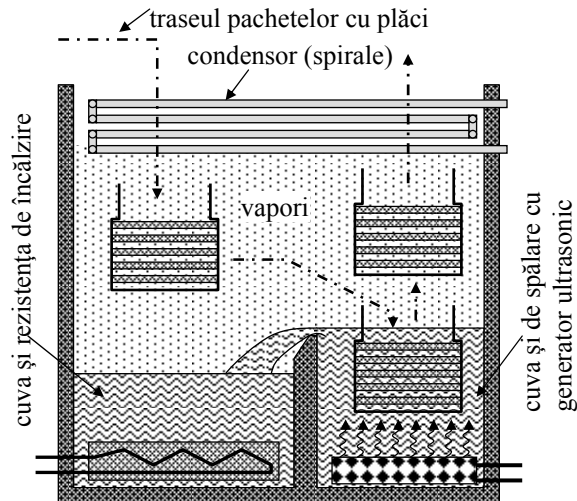


Fig. Instalație de curățare post-lipire cu freon

Curățarea prin spălare cu apă se folosește destul de frecvent pentru curățarea plăcilor, mai ales a celor acoperite cu fluxuri solubile în apă. De regulă, în apă se introduc detergenți alcalini care înlătură impuritățile dar atacă plăcile și piesele; de aceea, este necesară o foarte bună clătire. Spălarea cu apă și detergent se face „în linie”: în val, cu perii rotative sau cu ultrasunete; clătirea se face cu val sau în jet. Procedeele dau rezultate satisfăcătoare, mai ales dacă soluțiile sunt încălzite, în cazul circuitelor cu densitate medie de componente, cu piese relativ mari.

În cazul plăcilor cu componente foarte mici, montate pe suprafață, cu mare densitate, procedeele indicate nu sunt prea eficiente. Cercetările recente au arătat că spălarea cu apă și detergent poate fi foarte eficientă, în toate cazurile, dacă se folosesc jeturi din picături fine (6 – 12 μm), antrenate cu viteză mare, lovind plăcile sub unghiuri variabile.

După spălare și clătire, plăcile sunt trecute prin perdele din fire plastice (uzual neopren) pentru înlăturarea excesului de apă, apoi sunt uscate cu jeturi de aer cald sau cu radiații infraroșii.

Echipamentele de spălare cu soluții de apă cu detergenți necesită instalații pentru depoluarea apei reziduale sau, mai bine, pentru recirculare.

Curățarea combinată (semi-apoasă) se face prin trecerea plăcilor prin două soluții de spălare:

- prima soluție este un solvent organic, fără clor sau fluor; se folosesc terpene sau alcooli, solubili în apă și de preferință biodegradabili;
- a doua soluție este apă, eventual încălzită, care elimină primul solvent și ultimele impurități.

²⁴ Ultrasunetele provoacă vibrații ale microparticulelor aditivate pe suprafețe; ca urmare, microparticulele se desprind și pot fi antrenate de lichid

Spălarea se face „în linie”, folosind jeturi de solvenți ca în fig. alăturată, sau prin valuri cu ultrasonare. După trecerea prin solvenți, excesul de lichid este înlăturat cu perdele din neopren sau aer, apoi se usucă în jeturi de aer cald. Frecvent, tot procesul se face la cald, pentru creșterea, eficienței spălărilor. Printre problemele care apar sunt: solvenții sunt adesea ușor inflamabili și, fără a fi toxici, au efecte neplăcute asupra oamenilor (miros, irită ochii etc.), apa de spălare trebuie epurată²⁵.

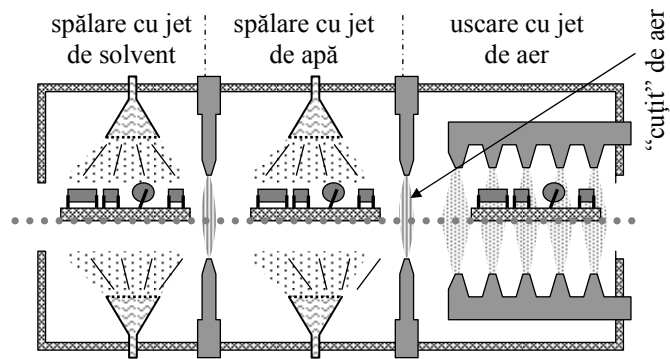


Fig. Principiul curățării combinate

Din prezentarea de mai sus, se constată că procesul de curățare post-lipire nu este nici simplu, nici ieftin iar problemele de toxicitate și poluare complică și scumpesc instalațiile.

Evident, soluția tuturor problemelor constă în *eliminarea curățării post-lipire*, în primul rând folosind *fluxuri care nu necesită curățare* (NCF - no-cleaning fluxes). Aceste fluxuri nu lasă, sau lasă foarte puține și nedăunătoare reziduuri după lipire. Soluțiile utilizate la fluxare sunt formate din solvent și o parte solidă - fluxul propriu zis, care în cazul fluxurilor „obișnuite” reprezintă 25 - 35 % din soluție. O primă caracteristică a NCF constă în conținutul foarte mic de parte solidă (1 - 5 %). Orice flux (activat sau nu), conține o componentă „activă” - care înlătură impuritățile și asigură umectarea suprafețelor și o componentă pasivă cu rol de „purtător” - care asigură distribuția fluxului pe suprafețe, în majoritatea fluxurilor, componenta activă deține ponderea mai mică

Deoarece majoritatea reziduurilor provin de la componenta „purtătoare”, în NCF aceasta deține ponderea mai mică.

Experimentele²⁶ au arătat însă că pentru eliminarea curățării post-lipire este necesar să se modifice întreg procesul de lipire, începând cu fluxarea, deoarece nu toate impuritățile provin de la fluxuri (deși acestea reprezintă cea mai mare parte). Astfel:

- fluxarea utilizând NCF, se face cu dozarea precisă a cantității de flux depus;
- lipirea se face în atmosferă inertă (azot uscat) pentru evitarea oxidărilor;
- întregul proces se desfășoară în spații curate, evitând orice contact cu atmosfera și cu obiecte (metale, folii sau benzi adezive etc.) sau cu lucrătorii²⁷.

O variantă de realizare a lipirii fără curățare post-lipire constă în executarea procesului în atmosferă activă, în vapori cu rol de flux; metoda este încă în studiu.

Conform prognozelor, utilizarea componentelor montate pe suprafață (SMD) se va extinde iar acestea vor fi cu terminale tot mai subțiri, mai sensibile la solicitări mecanice, deci tot mai greu de curățat - nu se pot înlătura impuritățile fără mijloace mecanice (perii, ultrasonare, jeturi, ...); singura soluție pare a fi eliminarea necesității curățării post-lipire.

Nota 1. Mult timp, s-a considerat că ultrasonarea poate dăuna componentelor, mai ales circuitelor integrate; de altfel, normele SUA pentru aparatură militară interzic ultrasonarea subansamblelor. Cercetările recente par să infirme aceasta.

Nota 2. Discuțiile de mai sus relevă importanța depunerii măștii selective de lipire. Pelicula de lac termorezistent asigură îndepărtarea mult mai ușoară a impurităților, protejează

²⁵ Prin „epurare” se înțelege procesul de eliminare din aer sau apă a substanțelor poluante și nebiodegradabile.

²⁶ La AT&T, Sona-Tex Corporation și alte firme

²⁷ Nu s-a ajuns încă la gradul de curățenie impus încăperilor de fabricare și asamblare a dispozitivelor semiconductoare, dar nici prea departe de aceste condiții (incluzând măști și mănuși pentru lucrători, aer filtrat etc.) nu ne aflăm.

conductoarele și suporturile la solicitările chimice și mecanice din timpul curățării etc. Din păcate, prin acest procedeu nu se pot proteja și terminalele componentelor montate pe suprafață; pentru acestea, soluția optimă rămâne folosirea proceselor care nu necesită curățare.

Determinarea eficienței curățării post-lipire, așa cum s-a arătat, este foarte greu de făcut; operația se poate face prin analize chimice, dar acestea durează, nu se pot introduce în linia de producție. De aceea, mulți producători folosesc procedeul măsurării rezistenței de suprafață. Pentru aceasta, în fabricație, pe suprafața cablajului se formează electrozi ca în fig. alăturată; spațiul dintre electrozi nu se protejează cu lac termorezistent.

Aplicând o tensiune suficient de mare între electrozi, se măsoară rezistența de suprafață, aflată în relație directă cu gradul de impurificare; relația se stabilește prin încercări (analize chimice și măsurători, pe plăci de test). Fără a fi prea precisă sau infailibilă, metoda este larg utilizată, fiind simplă și de obicei satisfăcătoare, deși are dezavantajul că electrozii ocupă spațiu pe plăci.

Un alt procedeu de verificare constă în iluminarea plăcilor cu radiații UV, în care urmele de flux devin vizibile (trebuie utilizate camere de vederi, radiația UV fiind dăunătoare vederii).

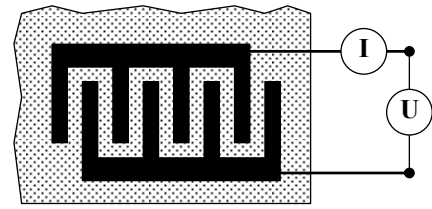


Fig. Electrozi pentru măsurarea rezistenței de suprafață