

Proiectarea pentru fabricație –
Design for manufacturing

2.4. Cum lipim robotizat componentele cu terminale? Tehnologia de lipire în val

Lipirea în val este un proces de lipire pe scară largă (productivitate ridicată), care permite asamblarea prin lipire a componentelor electronice pe plăci cu cablaj imprimat (fig. 2.3.1.). Numele este dat de valul de aliaj de lipit în stare lichidă (fig 2.3.2) peste care este trecută placa plantată în scopul lipirii terminalelor componentelor electronice la traseele metalice neprotejate, procesul de lipire fiind realizat pe partea inferioară a plăcii (*bottom side*).

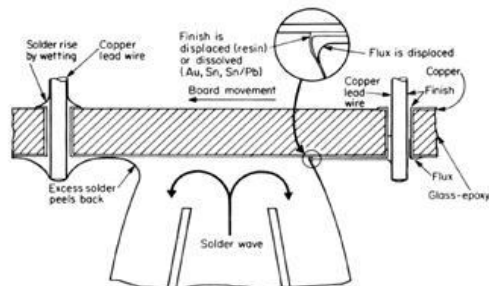


Fig.2.3.1. Procesul de lipire în val

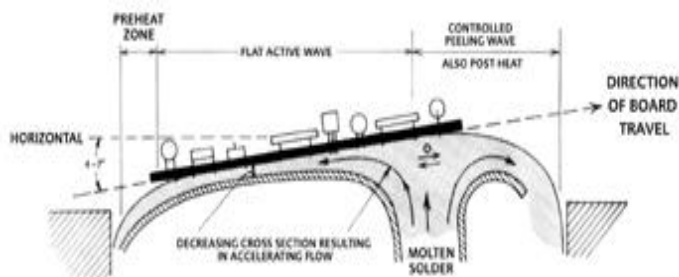


Fig.2.3.2. Direcția de deplasare a plăcii

Procesul permite lipirea atât a componentelor electronice plantate pe partea superioară a plăcii cu terminalele trecute prin găuri în placă (*through-hole printed circuit assemblies*), cât și a componentelor asamblate prin lipire pe suprafață (*surface mount devices*). În acest caz, componentele vor fi lipite pe parte inferioară a plăcii și pentru a fi menținute în timpul procesului, în special la trecerea prin val, necesită în prealabil lipirea lor pe partea inferioară a plăcii cu adeziv epoxidic. Deși se poate observa tendința de înlocuire a componentelor cu terminale prin componente cu montare pe suprafață, ceea ce are drept consecință eliminarea necesității de utilizare a procesului de lipire în val, această tehnologie încă este larg utilizată pentru componente de putere sau alte componente pentru care este necesară păstrarea terminalelor.



Fig.2.3.3. Mașina de lipit în val



Fig.2.3.4. Linie de lipire în val cu plantare manuala

În general procesul de lipire în val presupune utilizarea unor mașini specializate care au o structură principală comună, conformă cerințelor impuse de necesitatea asigurării parametrilor procesului de lipire. Prin introducerea unui sistem de transport al plăcii plantate între zona de plantare a componentelor (manual și/sau automat), mașina de lipit în val și zona de control a plăcii asamblate, se realizează o linie tehnologică de lipire în val (*wave soldering line*). Plăcile plantate pot fi vehiculate prin sistemul de transport cu benzi transportoare prin prindere directă cu agrafe sau indirectă prin utilizarea unor cadre specializate (fig. 2.3.6; fig. 2.3.7; fig. 2.3.8). În cazul prinderii directe plăcile vor fi prevăzute bare de protecție la pătrunderea în val (fig. 2.3.5.).

Proiectarea pentru fabricație –
Design for manufacturing

Fig. 2.3.5. Protecție la intrare în val



Fig. 2.3.6. Placa plantată pe cadru

În unele cazuri la lipirea plăcilor plantate cu componente SMD s-au obținut rezultate calitativ superioare dacă plăcile au fost introduse cu un unghi $< 45^\circ$ față de perpendiculara pe val. În acest scop se utilizează un cadru multifuncțional, care permite rotația plăcii în plan orizontal (fig. 2.3.9.).

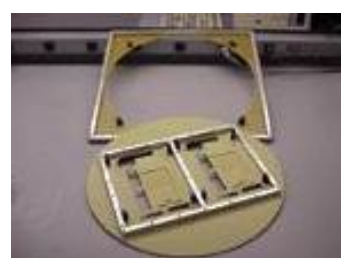


Fig. 2.3.7. Cadru la trecerea prin val Fig. 2.3.8. Structura cadrului de lipire Fig. 2.3.9. Cadru multifuncțional

Mașinile de lipire în val au o structură serială pe zone specializate pentru aplicarea fluxului, preîncălzire, valul de lipire, răcire și în unele cazuri pentru curățare, funcție de tipul de flux utilizat. Mașinile de lipire în val diferă prin structuri particulare pe fiecare zonă și prin soluția tehnică aleasă pentru asigurarea parametrilor procesului pe zonele specializate cu posibilități de reglare a variabilelor corespunzătoare zonei. Astfel, pot diferi soluțiile tehnice de aplicare a fluxului, numărul zonelor de preîncălzire (ex: 3 TALOS, 9 SEHO) și soluția tehnică utilizată pentru încălzire, tipul de val, numărul zonelor de răcire.

Fluxul este o substanță care facilitează lipirea prin curățarea chimică a suprafețelor metalice care intervin în lipitura compusă din rășini și substanțe chimice dizolvate în solvenți aromatici sau apă. Inert la temperatura camerei, devine activă la temperatura ridicată necesară lipirii, îndepărtând oxizii existenți, prevenind oxidarea în timpul procesului și îmbunătățind udarea suprafețelor de către aliajul de lipit în stare lichidă. Aplicarea fluxului se face prin două metode : pulverizare sau spumare. Pulverizarea se poate face prin utilizarea unei duze ce baleiază zona de sub placă plantată sau prin utilizarea mai multor duze fixe cu alimentare comună. În cazul spumării, placa plantată va fi trecută cu partea inferioară printr-o cascadă de spumă preluată printr-un horn metalic amplasat deasupra unui cilindru prevăzut cu multe găuri fine, imersat în fluxul aflat într-un vas specializat. Trecerea aerului comprimat prin cilindrul numit și "piatră" provoacă spumarea și obținerea "cascadelor" prin urcarea pe horn. Indiferent de metoda de aplicare este foarte important controlul precis al cantității de flux depusă pe partea inferioară a plăcii plantate. O cantitate redusă de flux va genera defecte de lipire, în timp ce prea mult flux afectează aspectul lipiturilor și fiabilitatea lor pe termen lung. În general se utilizează un jet de aer comprimat pentru îndepărtarea fluxului excesiv.

Preîncălzirea este necesară pentru îndepărtarea solvenților din fluxul depus, activarea fluxului și prevenirea șocului termic ca apare la trecerea prin val a plăcii plantate. Preîncălzirea se face treptat cu o pantă determinată de creșterea temperaturii. Preîncălzirea de la valoarea temperaturii de cameră se face prin convecție, utilizând jeturi de aer cald. Pentru preîncălzirea premergătoare trecerii prin val și asigurarea temperaturii de preîncălzire necesară în zonele dens populate cu componente sau cu masă termică mare, se utilizează încălzitoare cu radiație infraroșie.

Pentru lipire placa plantată este trecută sub un unghi determinat (fig 2.3.2.) prin valul de aliaj în stare lichidă, care va determina activarea fluxului și va depune aliaj pentru realizarea lipirii terminalelor componentelor. Sunt utilizate o varietate mare de configurații pentru un val sau două

Proiectarea pentru fabricație – Design for manufacturing

valuri, turbulente sau laminare. Două valuri cu geometrii diferite sunt utilizate pentru lipirea plăcilor care au componente SMD pe partea inferioară și cu terminale pe partea superioară (fig. 2.3.10; fig. 2.3.11.). Pentru creșterea calității lipiturilor se realizează procesul de lipire în atmosferă inertă, uzual prin utilizarea azotului.



Fig. 2.3.10. Val dublu turbulent/laminar

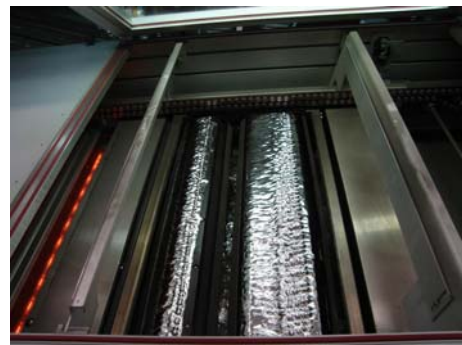


Fig. 2.3.11. Val dublu, turbulent

Utilizarea atmosferei controlate de azot are consecințe benefice asupra numărului de defecte, a mentenanței și variabilității procesului. De asemenea îmbunătățește udarea terminalelor și umplerea găurilor, permițând extinderea utilizării procesului pentru componente mai mici.

Procesul de lipire selectivă în val

În situația plăcilor realizate în tehnologie mixtă val/retopire, componentele cu montare pe suprafață vor fi lipite prin retopire pe fața inferioară a plăcilor și ulterior se plantează manual sau automat componentele cu montare a terminalelor prin gaură. Urmează faza finală de lipire în val a ansamblului.

În situația utilizării pentru asamblare pe fața inferioară sau pe ambele fețe a plăcilor de componente cu montare pe suprafață la care terminalele sunt mascate de propria capsulă de exemplu BGA și/sau QFN este obligatorie utilizarea tehnologiei de retopire pentru asamblare. Dacă acest tip de plăci necesită și asamblarea pe fața superioară a unor componente cu montare prin gaură, pentru a asigura productivitatea operațiunilor de asamblare este necesară lipirea în val a acestor componente. În acest scop se utilizează un cadru special care va avea posibilitatea de a masca componentele lipite anterior prin retopire și astfel de a le proteja la acțiunea valului (fig.2.3.12, fig.2.3.13). Acest proces devine un proces de lipire selectivă în val. Lipirea selectivă se mai utilizează și pentru creșterea productivității la lipirea conectorilor, la val sau prin imersare.



Fig. 2.3.12. Cadru pentru lipire selectivă:
a. Fața superioară, b. Fața inferioară



Fig. 2.3.13. Val selectiv
prin imersare manuală

Plăcile destinate pentru lipire selectivă necesită constrângeri suplimentare la proiectare.

Parametrii și variabilele procesului de lipire în val

Dacă luăm în considerare procesul intrinsec de lipire, parametrii procesului pot fi definiți în relație cu zonele tehnologice descrise și sunt prezentați grafic în fig. 2.3.14:

- perioada de preîncălzire (*preheating time*) trebuie să asigure creșterea rapidă a temperaturii plăcii la 45°C cu o pantă de maxim 2 °C/sec. Placa trebuie să ajungă la 85 °C înainte de lipire;

**Proiectarea pentru fabricație –
Design for manufacturing**

- perioada de udare (*wetting time*) este de la momentul primului contact între părțile ce vor fi lipite și valul de aliaj topit, până la momentul începerii solidificării aliajului în lipituri;
- durata contactului cu valul (*Dwell time*) de la primul contact între părțile ce vor fi lipite și valul de aliaj topit, până la ultimul contact cu valul de aliaj topit. Este necesar să fie 2 – 4 secunde.
- perioada de lipire (*soldering time*) de la primul contact cu valul și până la începerea solidificării, egală cu *Dwell time* plus aproximativ 5 – 10 sec;
- perioada de solidificare (*solidification time*), necesara solidificării aliajului pe fața inferioară a plăcii;
- perioada de răcire (*cooling time*) se refera la răcirea forțată utilizată pentru răcirea suprafețelor cu componente ale plăcii. Se are în vedere evitarea apariției crăpăturilor în lipituri din cauza unei răciri prea accentuate la ieșirea din val.

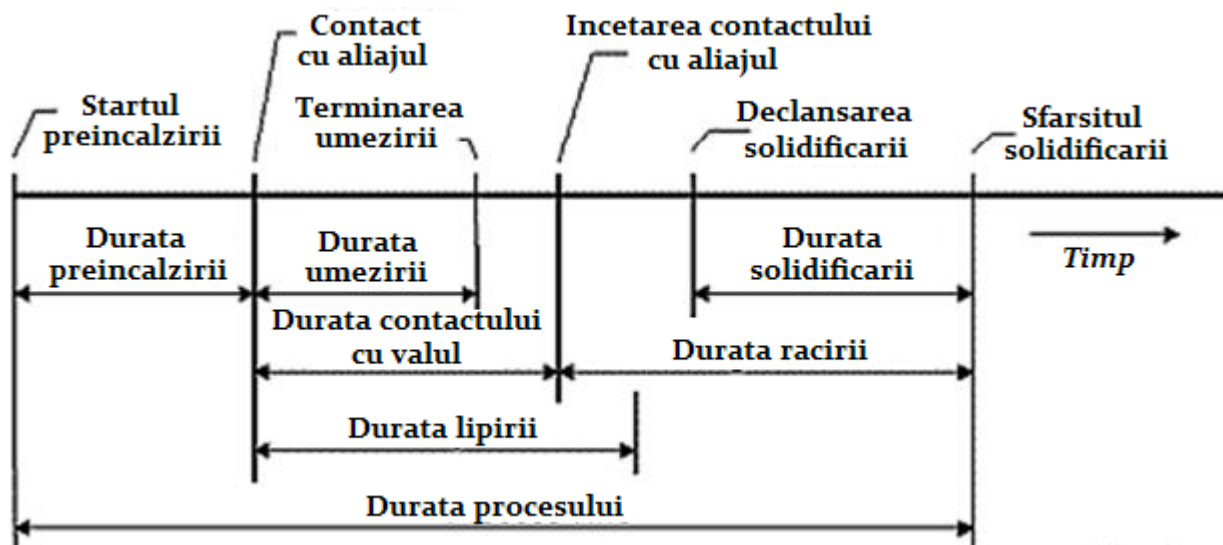


Fig. 2.3.14. Parametri procesului de lipire în val

Corespunzător zonelor, parametrii definiți pentru procesul de lipire în val sunt caracterizați prin variabile asupra cărora putem acționa în scopul reglării optime a procesului. Luăm în considerare următoarele variabile specifice procesului de lipire la val:

- unghi conveior (*conveyor angle*) fata de orizontala (fig 2.3.2.).
- viteza conveior (*conveyor speed*)
- tip flux (*flux type*)
- densitate fluxului (*flux density*)
- cantitatea de flux depozitată (*amount of flux deposited*). Se urmărește dacă acoperirea este uniformă și completă pe suprafața inferioară a plăcii.
- înălțimea și stabilitatea duzei duzelor de fluxare (*height and stability of flux head*)
- temperatura de preîncălzire (*preheat temperature*). Va fi controlată independent pe fiecare zonă.
- Compoziția aliajului de lipit (*solder alloy composition*)
- Puritate aliajului de lipit (*solder purity*). Sunt necesare analize chimice periodice pentru aliajul de lipit din cuvă și se urmărește completarea cu bare pentru asigurarea cantității și calității aliajului.
- temperatura aliajului de lipit în cuvă (*solder temperature*)
- forma/geometria valului, stabilitatea și viteza de curgere (*solder wave form, stability and speed of flow*). Se verifică starea duzelor și reglajele mecanice. Se controlează din viteza pompei de aliaj topit.
- temperatura valului (*solder wave temperature*). 250-260 °C pentru aliajul SnPb.

Proiectarea pentru fabricație – Design for manufacturing

- Înălțimea valului (*solder wave height*). Poate fi controlată prin viteza pompei de aliaj topit. Se reglează între 1/2 și 2/3 din grosimea plăcii plantate.
- adâncimea de imersare (*depth of immersion*). Este în corelație cu înălțimea valului și unghiul conveiorului în raport cu orizontala (fig 2.3.2.).
- atmosfera (*atmosphere*) în care are loc procesul de lipire, care poate fi mediul natural sau inert (azot)
- curățenie (*cleanliness*). Se urmărește temperatura substanțelor de curățire și se controlează prin analize chimice și electrice de conductivitate. În cazul utilizării apei deionizate, temperatura trebuie să fie 49 -50 °C.

Defecte specifice procesului de lipire în val

Alterarea variabilelor specifice procesului de lipire în val sau alegerea unor valori improprii la reglaj, determină următoarele tipuri principale de defecte:

1. Umplerea insuficientă a găurilor (*insufficient hole fill*)

Cauze: temperatura coborâtă a aliajului, aliaj contaminat, temperatura de preîncălzire incorectă, densitate specifică redusă a fluxului, fluxare incompletă și/sau neuniformă, flux insuficient de activ, unghi mic la conveior, viteză mare pentru conveior.

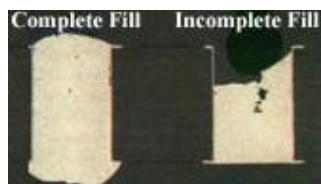


Fig. 2.3.15. Umplerea găurii



Fig. 2.3.16. a, b, c. Punți și vârfuri

2. Punți și vârfuri (*bridging/icicles*)

Cauze: temperatura coborâtă a aliajului, aliaj contaminat, temperatura de preîncălzire incorectă, densitate specifică redusă a fluxului, fluxare incompletă și/sau neuniformă, flux insuficient de activ, unghi mic la conveior, viteză mare pentru conveior, terminale lungi la componente, proiectare defectuoasă.

3. Bile de aliaj (*solder ball*)

Cauze: temperatura ridicată a aliajului, temperatura de preîncălzire incorectă, densitate specifică redusă a fluxului, fluxare în exces, viteza mare pentru conveior, material impropriu pentru protecția traseelor (*solder mask*).

4. Acumulare neuniformă de aliaj la lipituri (*skips*)

Cauze: temperatura coborâtă a aliajului, aliaj contaminat, temperatura de preîncălzire ridicată, densitate specifică mare a fluxului, fluxare neuniformă, viteză mare pentru conveior, terminale lungi la componente, proiectare defectuoasă care nu a eliminat umbrirea componentelor, mascarea defectuoasă a găurilor libere. Defectele determinate de umbrirea componentelor este redusă prin utilizarea valului dublu.

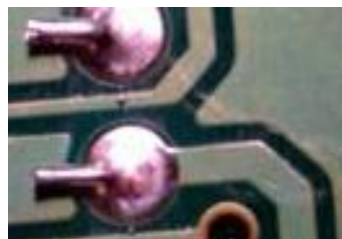


Fig. 2.3.17. Bile de aliaj



Fig. 2.3.18. Acumulare neuniformă de aliaj: a. La lipituri; b. Pe placa



5. Aspectul lipiturilor (*cosmetic appearance*)

**Proiectarea pentru fabricație –
Design for manufacturing**

Cauze: Exces de flux depus, temperatura de preîncălzire coborâtă, timp de contact cu valul redus (*Dwell time*), proces de curățire inefficient, întârzierea excesivă a operației de curățare după lipire, material impropriu pentru protecția traseelor (*solder mask*).

6. Migrația electrochimică (*electrochemical migration*)

Cauze: reziduri ionice în structura plăcilor și/sau componentelor, reziduri higroscopice în structura plăcilor și/sau componentelor, proces de curățire interfazic inefficient la fabricarea plăcilor, utilizare improprie a fluxului no-clean, proces de curățire inefficient după lipire.



Fig. 2.3.19. Aspectul lipiturilor



Fig. 2.3.20. Migrația electrochimică

Modificări în procesul de lipire în val determinate de utilizarea aliajelor fără plumb

Trecerea la utilizarea aliajelor de lipit fără plumb nu modifică parametrii generali ai procesului dar necesită alte valori optime pentru variabilele procesului și a determinat apariția unor modificări importante în chimia fluxurilor. În principal, aceste aliaje sunt foarte active chimic, necesită o temperatură de lipire mai ridicată și au o udare slabă.

Activitatea chimică crescută în condiția creșterii temperaturii de topire are ca o primă consecință corodarea în timp scurt a cuvelor de inox. Soluțiile găsite sunt:

- acoperirea cuvelor cu un material ceramic pe interior, care prezintă o rezistență sporită la acțiunea corozivă a aliajului, dar care are o rezistență mecanică redusă. Are avantajul prețului redus.
- Utilizarea cuvelor din titan, rezistente, dar scumpe.

Temperatura crescută, tipic 260 - 270 °C, afectează plăcile cu cablaj imprimat și componentele electronice.

Modificări importante au fost necesare în chimia fluxurilor pentru creșterea activității în scopul compensării caracteristicii de udare redusă prezentată de aliajele fără plumb.