

Proiectarea pentru fabricație –
Design for manufacturing

2.1. De la asamblarea manuală la cea robotizată

La alegerea procedurii de asamblare se țin cont de mai multe criterii:

- Tipul modului electronic de asamblat: model experimental, prototip, serie (mică, mare, foarte mare), producție de masă;
- Tipul componentelor electronice care trebuie asamblate: cu montare pe suprafață, cu montare prin gaură, fire conductoare, etc;
- Locul unde se face asamblarea: firma furnizoare de servicii de producție electronică, laborator, acasă.

Opțiunile de realizare a asamblării sunt:

- Asamblare manuală;
- Asamblare automatizată.

Indiferent de modul de realizare, etapele principale ale asamblării sunt aceleași:

- pregătirea componentelor standardizate: sortarea componentelor, preformarea terminalelor;
- pregătirea componentelor nestandardizate: curățarea plăcilor de cablaj imprimat;
- plantarea componentelor electronice;
- lipirea propriu-zisă;
- curățarea;
- inspectia lipiturilor;
- testarea modului electronic.

Asamblarea manuală

Lipirea manuală este un procedeu încă foarte utilizat și adesea de neînlocuit (la depanarea modulelor depistate cu defecte de asamblare, de exemplu, inclusiv în marile firme EMS), în primul rând datorită adaptabilității practice la orice situație. Se pot asambla atât componente prin gaură, cât și componente SMD utilizând fie aliaj de lipit, fie pasta de lipit. Lipirea se execută, de regulă una câte una, dar în cazul utilizării unor stații de procesare se pot executa și simultan (ceea ce este și dezirabil, de exemplu la lipirea capsulelor BGA cu stația de reprocesare).

Unelte utilizate pentru lipirea manuală

Ciocanul sau pistolul de lipit servește la topirea aliajului de lipit și la executarea lipiturilor propriu-zise. Puterea electrică a ciocanului de lipit depinde de gabaritul pieselor și de mărimea secțiunii conductoarelor. În cazul cablajelor imprimate se recomandă utilizarea unui ciocan de lipit de 15...35 W, cu vârful subțire, care permite atingerea locurilor greu accesibile sau a unui pistol de lipit.

Ciocanul încălzit se păstrează pe un suport metalic. Priza de alimentare și ciocanul se amplasează în partea dreaptă a operatorului pentru a evita căderea ciocanului sau a pistolului în timpul lucrului.

În fig.2.1.1 se prezintă un ciocan de lipit termostatat cu pastila din ferită cu punct Curie la temperatura de topire.

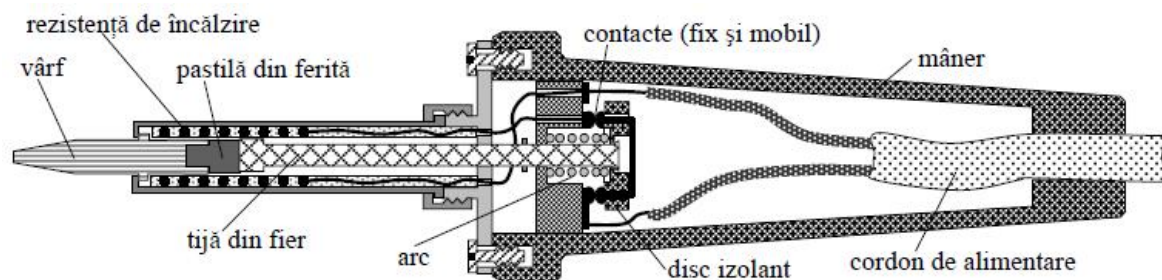


Fig.2.1.1. Ciocan de lipit termostatat

Ciocanele de lipit termoreglate cu senzor (termistor, termorezistență, termocuplu) montat în vârf, asigură atât un histeresis mai mic (sub 1°C) cât și posibilitatea reglării temperaturii (circuitul de

Proiectarea pentru fabricație – Design for manufacturing

reglaj sunt în aceeași carcasă cu transformatorul) în plaje largi; în schimb sunt sensibile mai scumpe și mai pretențioase (cordonul ciocanului are 4 – 6 fire).

Componenta principală a ciocanului de lipit este vârful. Vârful se realizează din bare rotunde din cupru (are cea mai mare conductibilitate termică la preț rezonabil, 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.

Un instrument profesional îl constituie **stația de lipire cu temperatura reglabilă**, care pe lângă ciocanul de lipit mai conține un dispozitiv de control și reglare a temperaturii vârfului (fig.2.1.2). Vârful ciocanului este acoperit în porțiunea activă (zona de lucru) cu o peliculă micronică de fier pur pe care aliajul aderă foarte bine (vârf cu durată de viață lungă, *long life tip*). Această peliculă constituie o barieră care împiedică dizolvarea cuprului în aliaj.

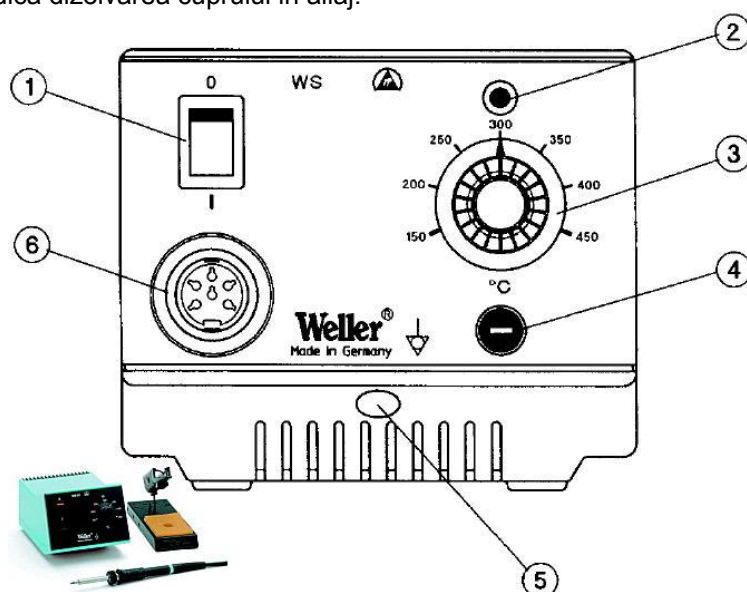


Fig.2.1.2. Stație de lipire cu temperatura reglabilă. Vedere partea frontală:

- 1: întrerupător de rețea. 2: indicatorul optic al regulatorului de temperatură; 3: potențiometr rotativ de reglare a temperaturii (continuu, în gama 150-450 °C); 4: comutator cu cheie; 5: priză pentru potențialul de masă; 6: conector pentru ciocanul electric

În cazul depanării unui modul electronic sau în cazul când o componentă a fost greșit amplasată trebuie efectuată operația de deslipire. Aceasta necesită un mijloc de îndepărtare a aliajului care a realizat contactarea, aliaj care este adus în stare lichidă prin aplicarea ciocanului de lipit. Un instrument foarte utilizat în acest scop este **pompa de fluidor** (fig.2.1.3).

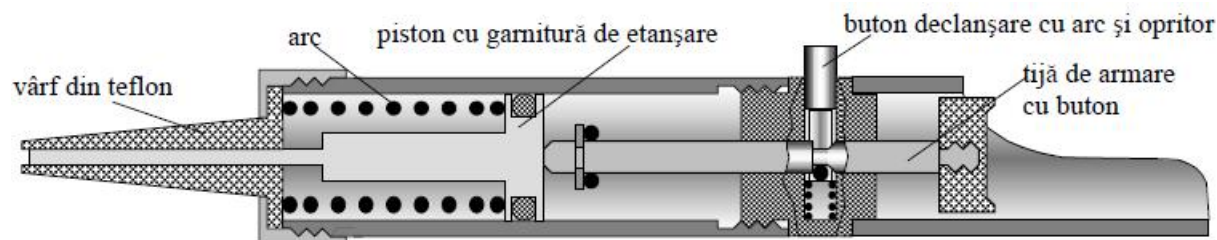


Fig.2.1.3. Pompa de fluidor

Se aplică ciocanul de lipit pe lipitura. În momentul când aliajul a ajuns în stare lichidă se apropie vârful pompei de fluidor (care a fost în prealabil „armată”) și se declanșează prin apăsare pe buton. În momentul declanșării trebuie ca vârful pompei să fie exact peste lipitura, iar vârful ciocanului

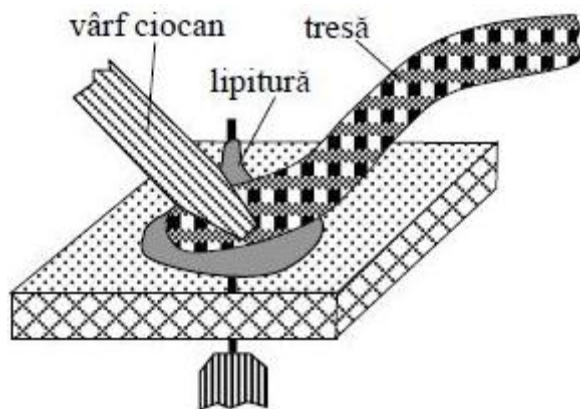


Fig. 2.1.4. Deslipirea componentelor utilizand tresa metalica

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. În aceste cazuri, se încălzește zona lipită cu vârful ciocanului (recomandabil să fie acoperit cu colofoniu) și se extrage terminalul cu o pensetă sau un clește.

Procesul de lipire manuala a componentelor prin gaură comportă mai multe operații:

Preformarea: Lipirea unor componente electronice (rezistoare, condensatoare, diode, s.a.) trebuie să fie precedată de "preformarea" terminalelor prin îndoire cu cleștele rotund. Pentru a ține componenta pe loc în timpul lipirii, care se face pe fața opusă, se pot îndoi terminalele la un unghi de 45° pe partea inferioară a plăcii (fig.2.1.5).

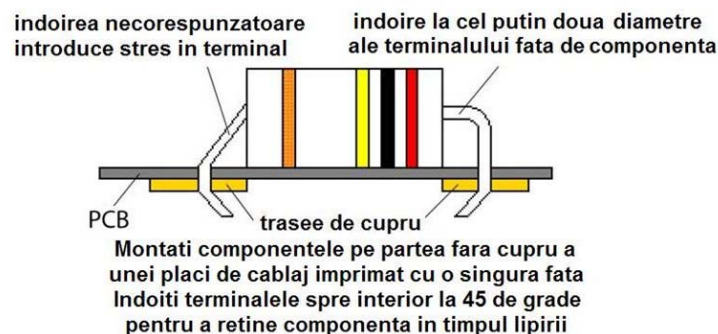


Fig.2.1.5. Plasarea componentei

Altele (circuite integrate DIP) necesită ajustarea la 90° a unghiului pinilor pentru a fi mai ușor inserate în găuri. Aceasta se face prin presarea simultană pe o suprafață plană (masa de lucru) a tuturor pinilor de pe o parte. Apoi terminalele se introduc în găurile cablajului imprimat. Se taie capetele componentelor pasive astfel încât terminalele rămase să depășească cu 2...3 mm suprafața plăcii. Penseta se utilizează ca șunt termic pentru a proteja termic diodele, tranzistoarele, tiristoarele etc. în timpul lipirii.

Încălzirea: 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.2.1.6.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.

Adaugarea aliajului: Se așteaptă ca piesele să se încălzească, apoi se aduce aliajul tubular în contact cu piesa de lipit mai mare, evitând contactul cu vârful ciocanului - astfel se asigură topirea fluxului și curățarea suprafețelor înaintea topirii și întinderii aliajului - fig. 2.1.6.b. 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. 2.1.6.c.

Solidificarea: Imediat după acoperire, se îndepărtează ciocanul, rapid dar nu brusc și se așteaptă răcirea și solidificarea aliajului - fig. 2.1.6.d; în acest timp piesele trebuie să fie imobile.

Proiectarea pentru fabricație – Design for manufacturing

Finisarea lipiturii: Se îndepărtează excesul de terminal. Nu se taie marginea lipiturii împănate cu aliaj. Se lasă un mic spațiu liber astfel încât să nu fie separat de terminal de către socul forțelor care apar în timpul tăierii.

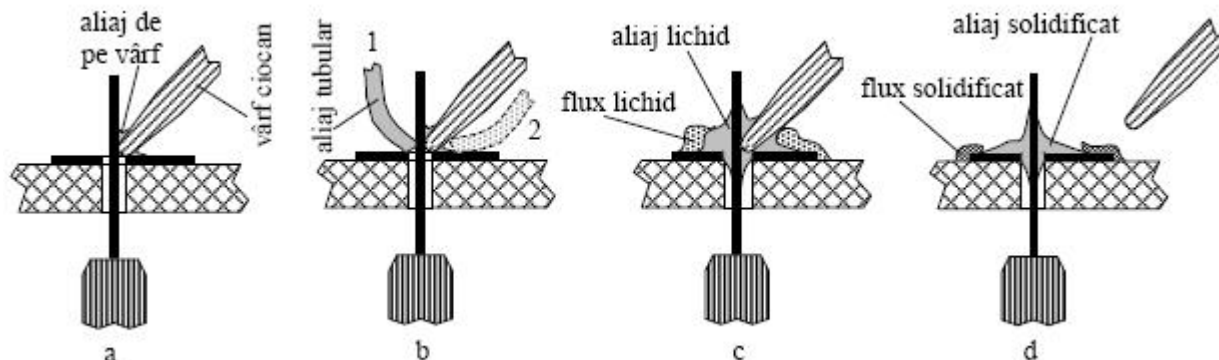


Fig.2.1.6. Etapele lipirii manuale cu ciocanul de lipit

Pentru lipirea manuala a componentelor SMD exista stații diverse, mai ieftine sau mai scumpe, în funcție de facilitățile oferite operatorului.

Statia de asamblare manuala a componentelor SMD DIMA (fig.2.1.7).



Fig.2.1.7. Statia de asamblare manuala a componentelor SMD

Acest echipament permite efectuarea mai multor operatii:

- depunerea pastei de lipit in volume controlate prin dispensare;
- plantarea componentelor pe paduri prin utilizarea vacuumului și a unui sistem de deplasare manuala X-Y și θ ;
- lipirea componentelor prin retopire cu aer fierbinte cu temperatura controlabila.

Echipamentul are facilități pentru prinderea plăcilor de cablaj cu dimensiuni diferite și pentru depozitarea componentelor electronice în tavițe ușor accesibile. Pentru funcționarea echipamentului, în afara de alimentarea de la rețeaua publică (230V/50Hz), este necesară existența unei surse de aer comprimat.

Depunerea manuala a pastei de lipit se mai poate face și prin utilizarea unui șablon și a unui printer manual (fig.2.1.8). Cateva caracteristici ale printerului:

- înălțimea maxima a elementului de printat: 5 mm;
- aria de printare maxima: 300 x 300 mm;
- posibilități de ajustare a mesei de printat: X și Y ± 10 mm, $\pm 5^\circ$;
- acuratețea masinii: ± 0.025 mm;

**Proiectarea pentru fabricație –
Design for manufacturing**

- acurătatea printării: ± 0.04 mm.

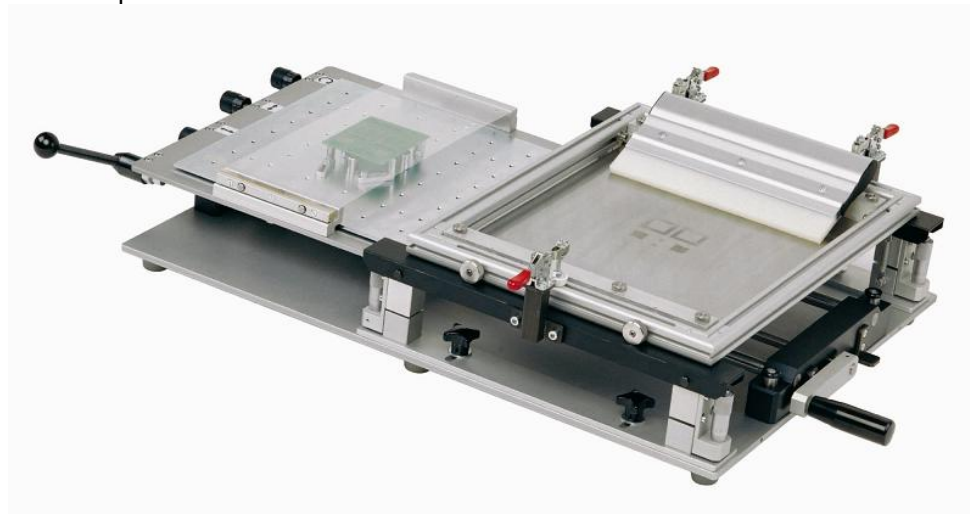


Fig.2.1.8. Printer manual

Procesul de printare manuala

Realizarea șablonului: În cazul unei producții de serie mică se justifică realizarea șablonului din folii din materiale plastice (kapton, prepreg) de grosimi precizate. Șablonul de poate obține prin frezare prin prelucrarea fișierului de date pentru *solder paste* generat de un program CAD cu ajutorul altor programe CAM (CircuitCAM, BoardMaster) dedicate mașinii de frezat.

Prinderea șablonului pe cadru: Se plasează capatul perforat al șablonului conținând primul offset din dreapta asimetric tăiat în pinii de fixare ai cadrului.

Fixarea cadrului pe printer

Fixarea cablajului imprimat pe masa culisanta într-o zonă cât mai apropiată de poziția aperturilor de pe șablon.

Alinierea aperturilor cu padurile se face deplasând mai întâi masa sub cadru, iar apoi ajustând fin (± 10 mm, $\pm 5^\circ$) deplasarea mesei pe direcțiile X-Y și θ până la suprapunerea lor.

Depunerea pastei de lipit pe șablon sub forma unui cordon fluid în partea îndepărtată a cadrului.

Antrenarea pastei în aperturi: se execută o mișcare de translație a lamei pe suprafața șablonului spre partea frontală cu o forță moderată pentru a antrena pasta în aperturi. O forță prea mică lasă un urmă un strat uniform de pastă peste întregul șablon nedistingându-se aperturile; o forță prea mare de apăsare a lamei determină ca unele aperturi să nu rețină pasta.

Apoi se recuperează placa de cablaj prin deplasarea mesei și se inspectează vizual și optic depunerile de pasta.

Un echipament mai evoluat pentru asamblare manuala este **stția de reprocesare/reparare**. Se pot efectua asamblări/dezasamblări ale componentelor electronice tehnica de lipire prin retopire utilizând profiluri termice adecvate. De asemenea, permite lipirea componentelor tip BGA pe cablajul imprimat datorită sistemului optic ce îi asigură alinierea padurilor cu bilele capsulei.

Pe piața sunt disponibile mai multe tipuri de stații, unele au încălzire cu aer cald, altele cu radiație IR. Pentru eficientizarea procesului fluxul de aer este dirijat către zona de interes prin utilizarea unor dispozitive de concentrare (*nozzle*). Răcirea se face în mediul ambiant în mod natural sau forțat prin utilizarea unui ventilator. Poate fi realizată și lipirea în atmosferă inertă (azot) prin conectarea stației la o instalație de gaz. Gazul este injectat de sus în jos, deasupra plăcii de cablaj, pentru realizarea unei lipiri într-o atmosferă fără oxigen. Asistarea de un calculator personal permite controlul parametrilor (temperatura, timp) astfel încât să fie asigurate controlul procesului și repetabilitatea lui. În fig.2.1.9 se prezintă două tipuri de stații de reprocesare, X410 (PDR) și APR-5000XLS (Metcalf).

Proiectarea pentru fabricație –
Design for manufacturing

Fig.2.1.9. Stații de reprocesare: a) X410, b) APR-5000XLS

Etapele operației de reprocesare pentru un circuit BGA sunt următoarele:

- stabilirea profilului termic adecvat componentei de lipit. Se plasează trei termocuple pe placa de cablaj imprimat, unul central și două diametral opuse, ca în figura 2.1.10. Se plasează circuitul BGA pe cablaj, deasupra termocuplelor.

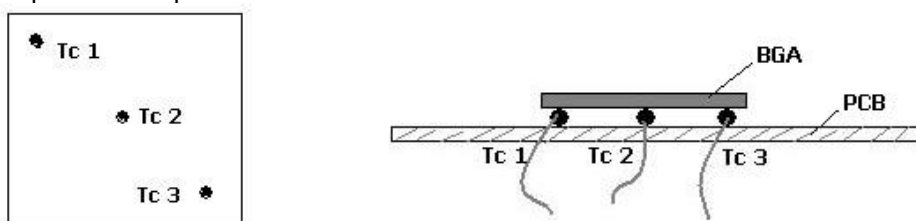


Fig. 2.1.10. Plasarea termocuplelor pentru procesarea unui circuit BGA

Pornind de la un profil tip se ridică cele trei curbe pentru fiecare termocuplu. Poate exista o situație de genul celei din figura 2.1.11.

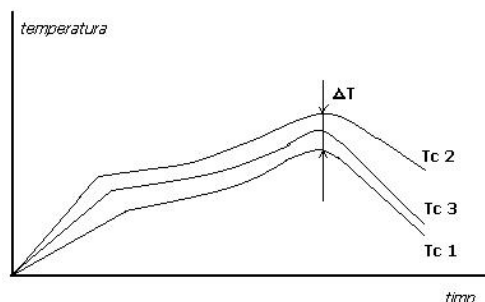


Fig.2.1.11. Stabilirea profilului pentru reprocesare

Stabilirea profilului constă în ajustarea parametrilor viteza aer (sus, jos), temperatura și timp astfel încât să se obțină o diferență între profile, $\Delta T_{\max} < 7^\circ\text{C}$.

- pregătirea cablajului imprimat. Se procedează la o preîncărcare a padurilor cu pasta de lipit sau fir de sudură. Cablajul se curată, se inspectează, apoi se așază pe rama stației de reprocesare și se rigidizează cu ajutorul unui sistem de prindere. Dacă este o cartela de dimensiuni mai mari se pot plasa dedesubtul ei unul sau mai multe distanțiere care să împiedice deplasarea în jos a cablajului la plasarea componentei.

- depunerea de flux (de ex.: Alpha RMA 7). Se acoperă padurile preîncărcate cu un flux special pentru operații de reprocesare

- alinierea bilelor capsulei BGA cu padurile PCB (fig.2.1.12). Se face utilizând sistemul optic al stației.

- plasarea componentei pe cablajul imprimat. Utilizând facilitățile stației (prinderea componentei cu vacuum, locatorul x-y) se plasează circuitul BGA peste landurile de pe cablajul imprimat.

- lipirea propriu-zisă. Se porneste procesul lipire prin retopire definit prin procedura stabilită anterior. Sistemul de încălzire este comandat astfel încât să urmărească profilul termic selectat

Proiectarea pentru fabricație – Design for manufacturing

(fig.2.1.13). După terminarea operației se poate face o răcire rapidă, dacă este necesar. De asemenea, dacă este necesar, se face curățarea cablajului.

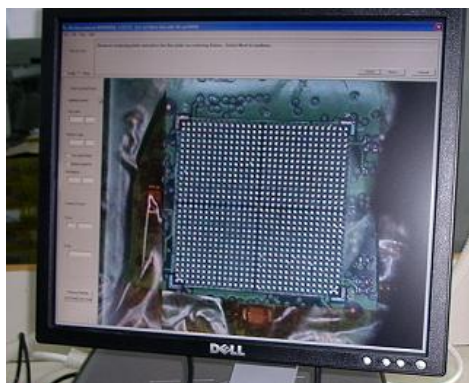


Fig.2.1.12. Vizualizare BGA



Fig.2.1.13. Vizualizare profil termic

După lipire cablajul este supus inspecției optice și cu raze X pentru verificarea calității lipiturilor.

Asamblarea automatizată

Realizarea unei mari productivități și a unui volum mare de asamblări se poate asigura numai prin automatizarea producției. Echipamentele executând operații diverse sunt interconectate formând o linie tehnologică (fig.2.1.14).

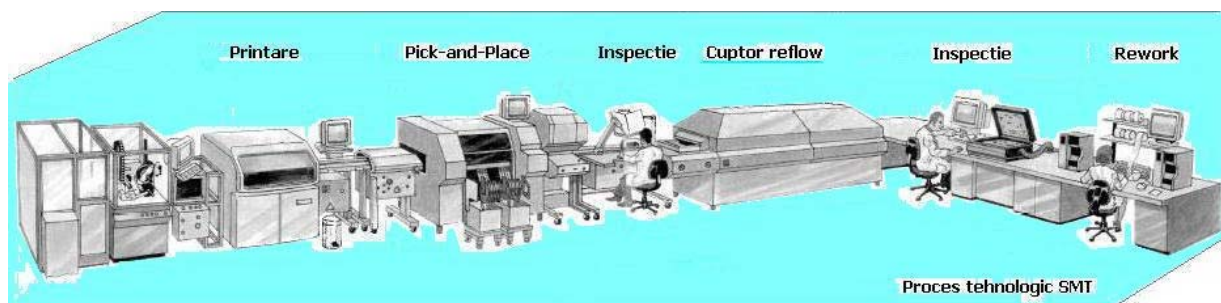


Fig.2.1.14. Linie tipică SMT

O linie de asamblare în tehnologia SMT tipică cuprinde următoarele echipamente:

- echipament pentru printare prin șablon (*Stencil Printer*): permite depunerea automatizată a pastei de lipit utilizând sabloane (fig.2.1.15) dedicate fiecărui proiect;



Fig.2.1.15. Șablon din oțel inoxidabil

**Proiectarea pentru fabricație –
Design for manufacturing**

- echipament pentru plantarea componentelor (Pick-and-Place, Chip Shooter (fig.2.1.16)): asigură plasarea componentelor pe padurile cu pastă cu viteze de cateva zeci de mii de componente pe oră;



Fig.2.1.16. Masina de plantat automat componente SMD (chip shooter)

- echipament pentru lipire prin retopire: cuptoare cu încălzire IR/convecție cu mai multe zone (4-10) sau cuptoare cu încălzire în condensare (fig.2.1.17) în care are loc lipirea propriu-zisă;

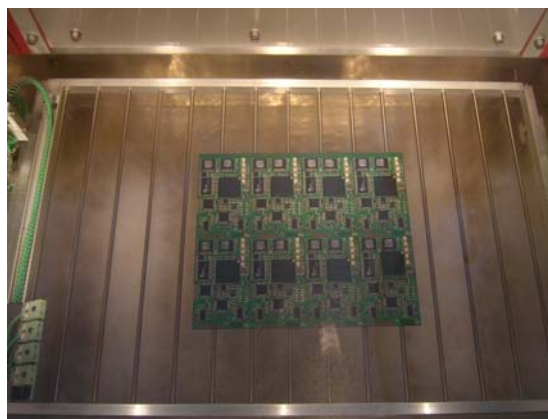


Fig.2.1.17. Cuptor cu încălzire prin condensare

Modulele de asamblat trec succesiv de la un echipament la altul antrenate de un sistem de transport numit conveyor.

Deși nu fac parte din linia tehnologică propriu-zisă, există și alte echipamente indispensabile pentru procesul tehnologic de asamblare:

- echipamente pentru inspecția optică: microscopice optice, cu raze X;
- echipamente pentru reprocesare;
- echipamente pentru depanare;
- echipamente pentru testare.

Particularitățile fiecărui tip de tehnologie de lipire automatizată (în val, prin retopire în cuptoare cu radiație IR/convecție, în atmosferă de vapori) sunt importante iar cunoașterea lor este o condiție sine qua non pentru o adevărată proiectare pentru manufacturabilitate.