**8. Forrasztás. A forrasztott kötés ismérvei. Hagyományos és ólommentes forrasztó anyagok. A kézi és gépi forrasztás eszközei. A PTH alkatrészek gépi forrasztási eljárásai. Az SMT alkatrészek gépi forrasztásának lehetőségei**

**Forrasztás**

 Olyan kötési eljárás, melynél két fémet kötünk össze egy harmadik hozadékanyaggal, melynek olvadáspontja alacsonyabb, mint az összekötő fémeké

 Forrasztással szembeni követelmények

 Korrózióállóság, csekély felületi oxidáció

 Jó hővezetés

 Stabil működés széles hőmérsékleti tartományban (-60 Co + 120 Co között)

 Sok és gyakori hőmérsékletváltozást bírjon

 Kivitelezése automatizálható legyen

 Kevés energia befektetésével előállítható legyen

 Lágy forrasztás

 Hőmérséklet < 450 oC (általában a forraszanyag olvadáspontja)

 260 – 300 oC

 Csekély szilárdság  kötéseket tehermentesíteni kell

 Kemény forrasztás

 Hőmérséklet> 450 oC

 700 – 720 oC

 Szilárdság tekintetében megközelíti a hegesztési szilárdságot

 Hőre van szükség a forrasztáshoz valamint a folyasztószer aktivizálására

 A hőközlés történhet:

1. Sugárzásos – radiáció:

 két testnek szabad rálátása van egymásra

 hőközlés infravörös sugárzással történik

 minden test képes valamilyen mértékben elnyelni az IV sugárzást

 az IV sugárzás elnyelése a test színétől függ

 pl. az alkatrész tokozása nagymértékben elnyeli a hőt, az alkatrész lábak pedig visszaverik

 újraömlesztéses forrasztásnál ezt alkalmazzák

2. Hővezetéses – kondukció:

 két eltérő test fizikailag érintkezik egymással

 a hőáramlás iránya a nagyobb hőmérsékletűtől megy a kisebb felé

 pl. pákás forrasztás

3. Hőszállítás – konvekció:

 egy szilárd test és a vele érintkező gáz vagy folyadék között történik a hőhatás

 pl. reflow kemencékben az IV sugárzást kiegészítik egy meleg levegőt fúvó ventillátorral (pl. Nitrogént)

Forrasztott kötés

 mechanikailag rögzíti az alkatrészt a hordozóra

 mechanikai tulajdonságai korlátozottak

 a kötés szilárdsága csekély

 az így szerelt alkatrészeket tehermentesíteni kell

 jó villamos kötést kell biztosítania

 az átmeneti ellenállásnak kicsinek kell lennie

***Folyasztószerek***

 Megtisztítják a forraszfelületeket

 Elősegítik, hogy a forrasz szétterüljön a felületen, benedvesítse azt

**1)** Gyanta alapú folyasztószerek

**a)** Víztiszta gyanta

 Megfelelő ellenállással rendelkezik

 Fenyőgyanta lepárlási terméke

 Nem okoz korróziót, Oxidációra hajlamos

 Ragacsosodik egy idő után

 Alkoholban oldódik, azzal eltávolítható

**b)** RMA = mérsékelten aktivált gyanta

 aktiváló szer, feloldja az oxidokat

 jobban tisztít

**c)** Erősen aktivált gyanta

 Töltött formában van jelen

 a meleg hatására fejti ki a tisztító hatását

**2)** Szerves, nem gyanta alapú folyasztószerek

 Aktívabbak a gyanta alapúaknál

 Vízben oldódóak

 Kevés maradványt hagynak, de a forrasztás után el kell távolítani

**3)** Szervetlen folyasztószerek

 Cink-klorid, Elektromos berendezésekben nem használják

 Erősen korrodálódnak

 Előónozáshoz lehet használni, de utána el kell távolítani, mert villamosan vezető anyagból készülnek és rövidzárat okoznak

No Clean Flux – olyan folyasztószer, ami nem hagy maradványt, jól nedvesít, nem kell eltávolítani

 ***Forraszanyagok***

 Alapvető: alumínium, ón, ezüst

 Ón

 Legolcsóbb

 Kis fajlagos ellenállású

 Nem túl magas olvadáspont (230 oC)

 Olvadáspontnál jóval magasabb forráspont

 Alacsony hőmérsékletnél rideggé válik Ónpestis = 14 °C alatt az ón átalakul szürke ónná, ebből készült tárgyak szétporladnak

 Kiküszöbölés: ólommal keverik/ötvözik/: 63% Sn + 37% Pb

olvadáspontja:183 oC (eutektikus ón-ólom forrasz)

 eutektikus ón-ólom ötvözet:

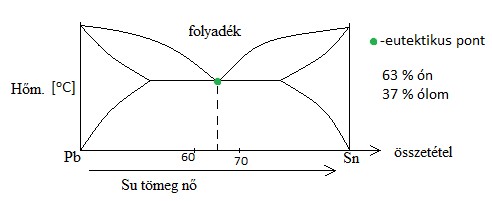
 jól nedvesít

 fényes felületű forrasztott kötést biztosít

 hátránya, hogy ólom van benne betiltották

 ROHS direktíva - EU-s irányelv – veszélyes anyagok korlátozása

 az EU határán belül nem szabad forgalomba hozni veszélyes anyagot tartalmazó eszközöket



 *Ólommentes forraszanyagok:*

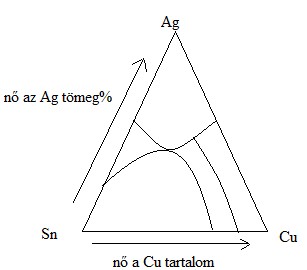
 Az ólom helyére ezüstöt és rezet vittek be. O.p.-ja 37 °Cmegnőtt

 SAC (Sn, Ag, Cu)

305Sn: 96,5%; Ag: 3%; Cu: 0,5%  O.P. 217-220 °C

307Sn: 96,3%; Ag: 3%; Cu: 0,7%

387 Sn: 95,5%; Ag: 3,8%; Cu: 0,7%



Következmény:

 forraszötvözet olvadáspontja magasabb lett

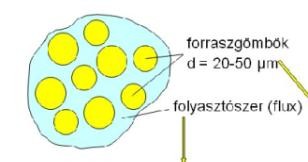
 az ólommentes forrasztott kötés matt és repedezett felületű és összekeverhető a rossz minőségű forrasztott kötéssel

Gyártási alak:

 Huzal (töltött vagy töltetlen)

o töltött: a huzalba fluxot töltenek

o töltetlen: tömör



 Forrasztó pálca

o rudakban vannak, vagy tömbben

**Forrasztási technikák**

  *Forraszadagolás szerint*

 Kézi forrasztáspákás forrasztás

 Géppel való forrasztás Gépi forrasztás

  *Kézi ( pákás ) for asztás*

 Két fő eszköze: forrasztópáka + forraszhuzal

 Javítási munkákhoz alkalmazzák

 van hőfokszabályozós és nem hőfokszabályozós

 szabályozási elv szerint:

 PWM: impulzus szélességi moduláció – a fűtésteljesítmény átlagértékét változtatják

 Magnastat: a páka hegyében történik a hőfokszabályozás.

 Minden pákahegy végében található egy mágneses anyag –Currie pont jelöli a mágnes tulajdonságát. A Currie ponton elveszti a mágnes a mágneses tulajdonságát.

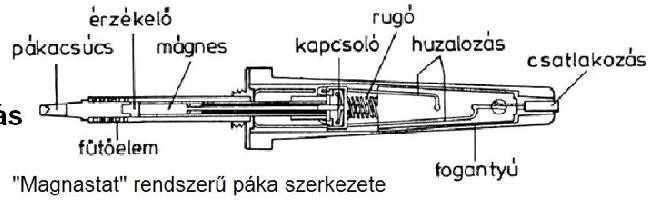
 A pákában lévő rúd végén mágnesezhető anyag található

 A rúdra rá van kötve a fűtőelem, a rúd másik végén egy visszahúzó rugó van.

 Alacsony hőmérsékleten a pákacsúcsban lévő mágnes magához húzza a rudat, ami zárja a fűtőkör áramkörét

 A Currie pont fölött a páka elveszti mágnesességét, a rugó

visszahúzza a rudat, megszakítja a fűtőkör áramkörét, a pákacsúcs lehűl, mágnesezhető lesz, és újra lehet kezdeni.



***Újraömlesztéses forrasztás***

 Forrasztó paszta = folyasztószer + forraszgolyók keveréke

 Kétszer ömlesztünk: amikor előállítják a forraszgolyókat, és amikor

beforrasztanak vele

 Forraszgolyók előállítása vákuumporlasztással,

 a golyók átmérője 20 μm – 75 μm méret szerint osztályozzák, olvasztószerben elkeverik és csomagolják

 Forraszgolyók: 63% Sn + 37% Pb / ólommentes

 ennek az összekevert pasztának szavatossági ideje van, hűtőben kell tárolni, felhasználás előtt 8 órával ki kell venni és hagyni, hogy szobahőmérsékletűre melegedjen

 két féle módszer van a forrasztópaszta felvitelére a forrasztandó felületre:

 diszpenzálás (cseppadagolás): forrszemekre, egyesével viszik fel a felületre

 stencilnyomtatás: fém felületen lyukak vannak: nyomtató késsel

nyomják át a forrasztópasztát a stencilen

 Lépcsős Stencil: bizonyos helyeken a stencil vastagsága más, mint a többi helyen, és itt más lesz a paszta igény.

 SPI: A nyomtatott paszta mennyiségét optikai módon egy berendezéssel mérik és meghatározzák, hogy jó e a paszta mennyisége

Stencil gyártása:

1. Kémiai maratás: (szubtraktív technológia- eltávolítjuk, amire nincs szükség)

 az alapanyag sárgaréz vagy bronz; ezt bevonják egy fényérzékeny anyaggal

alul-felül

 UV fénnyel megvilágítják maszkon keresztül

 előhívják, és egyszerre maratják alul-felül

 jellegzetessége a homokóra alakú apertúra

 ezért 0,63 rasztelosztás alatt nem ajánlják

2. Lézervágás:

 Közvetlen gyártófájlokból dolgozik a gép

 Nagyon jó pontosságú stencileket gyár oly módon, hogy a lézersugár ezekből egyesével kivágja az apertúrákat a Cu vagy Ni

alapanyagból

 Viszonylag drága

 Lehetőség van a stencil utólagos módosítására

 Trapéz keresztmetszetű apertúra a jellemzője, ami különösen előnyös és javítja a hatékonyságot

3. Additív módszer: galvanoplasztika

 az alapanyag Nikkel

 galvanizálással visznek fel rá fémet, és nagyon finom rasztelosztású alkatrészek stencilnyomtatásához jó

 A stencilnyomtató gépbe kb. fél kg pasztát visznek fel és a kés hozza át ezt a stencilen

 A kés erőt és a nyomtatási sebességet úgy állítják be, hogy a forraszpaszta gördüljön a

stencilen.

 Ha csúszna a stencilen a paszta, akkor nem töltené ki az apertúrákat

 A késerő 20-100N közötti

 25-200 mm/sec a kés sebessége

 A stencilnek is van élettartama, ezt a stencil szélébe gravírozott csíkkal szokták ellenőrizni,

amin a kés mindig áthalad; neve: kopásjelző és 25μm mély

 Ha eltűnik a kopásjelző, akkor le kell cserélni

 Gyakran osztott kést használnak, hogy oda-vissza tudja húzni egyik-másik irányba

 A pontos illeszkedésről a fiducial illesztő pont gondoskodik, ezt a NYÁK mintázatával egyszerre alakítják ki

 A stencil elválasztás sebessége is ugyanúgy befolyásolja a minőséget

 Ha túl gyors, akkor eltömődhet az apertúra, ha lassú, az a termelékenység rovására megy

Stencilnyomtatási hibák:

 Általában a rossz beállításokból adódnak

 Akkor jó a nyomtatás, ha határozott egyenes falú forraszpaszta tömbök kerülnek rá a forrszemekre, minden más eset hiba

 Ilyenek:

 Stencil alávérzése: nem megfelelő a szerelőlemez alátámasztása, rosszul van beállítva a hordozóm magassága

 hiányos a pasztafelvitel: nyomtatás után nincs elég paszta a forrszemen (késerő rossz beállítása)

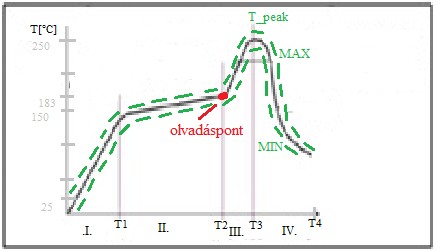
 túl sok paszta (késerő)

 elkenődhet a paszta, túlzott erő, nedvesség

*Újraömlesztéses forrasztás:*

 a bepasztázott szerelőlemez egy többzónás újraömlesztő kemencén halad át, ahol szabályozzák a hőmérsékletet és folyamatosan szabályozzák a szállítószalag sebességét úgy, hogy egy hőprofil szerint változzon a szerelőlemez hőmérséklete minden egyes pillanatban

 a hőprofil lehet hőtartós és lineáris

Tpeak-csúcshőmérséklet *ólomtartalmúnál:215-245*°C *ólommentesnél:240-250*°C

I. Előmelegítés szakasza: előmelegítéskor a folyasztószer aktivizálódik, azaz kifejti oxideltávolító hatását

II. Hőntartás szakasza: a szerelőlemezen különbözőméretű alkatrészek vannak, különböző mértékben nyelik el a hőt és különbözik a hőtágulási együtthatójuk. Ezért itt az a cél, hogy minden alkatrészt egyenletesen, lassan azonos hőmérsékletre hűtsük. Cél a hő sokk elkerülése.

III. Felfűtés szakasza : Adott meredekséggel (ált. 3°C / sec) hőenergiát közölnek a panellel és megolvasszák a forraszanyagot. Jellemzője a csúcshőmérséklet, ami a forraszfém olvadása fölött található kb. 30°C-kal.

IV. Lehűté s szakasza: Egy bizonyos hőmérsékleti szabályozott meredekséggel történik, ekkor alakul ki az intermetalikus réteg. Ezek után már bármilyen meredekséggel lehet hűteni. Az a hőmérséklet 136°C, 3-4°C/sec sebességgel, a max 6°C/sec. Ha túl gyorsa a lehűtés, az alkatrész töréséhez vezet, ha túl lassú, akkor túl nagy lenne a szemcseméret.

 Jellemző paraméter még, hogy mennyi időt töltött a forraszolvadt állapotban:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | ólom | 20-60mp | 183°C-nál tölt el |
|  | ólommentes | 40-80mp | 220°C felett tölt el |

 Forrasztásnál a forraszfém és az alkatrészláb között kialakuló intermetalikus réteg hozza létre

 Minden alkatrész gyártó az alkatrész adatlapon közölni szokta az ajánlott hőprofilt

Lineáris hőprofil: Akkor alkalmazzák, amikor az alkatrészek mérete közel azonos. Jellemzője, hogy hiányzik belőle a hőntartás szakasza

Technológiai ablak

 A csúcshőmérsékletre vonatkoztatott hőmérséklet tartomány

 Ennek a maximum-minimum értékét a NYÁK tűrése határozza meg

 ΔT (delta té): a forrasztás alatt a NYÁK 2 pontja közötti legnagyobb hőmérséklet különbség

Szerelőlemez szállításának módja alapján:

 tálcás (detch)

 gyártósorba nem illeszthetők

 a szerelőlemez nem mozog

 egyetlen egy zóna van

 IV sugárzást alkalmaznak

 bizonyos típusoknál konvekciós rásegítéssel (fűtőszál mellett van egy ventilátor, és ez

egyenletes hő eloszlást biztosít a kemencében, ΔT sokkal kisebb lesz)

 kis szériájú gyártásokhoz alkalmazzák

 kicsi a mérete és kicsi a termelékenysége

 szállítószalagos alagútkemence

 gyártósorba illeszthető

 különböző hőmérsékletű zónákból áll

 egyes zónák hőmérséklete külön-külön szabályozható

 a szállítószalag vontatási sebessége változtatható

 az utóbbi kettő határozza meg a hőprofilt

 ΔT igen alacsony lehet

 kényszer konvekciós fűtést alkalmaznak (rásegítés ventillátorral)

 a zónák száma 3-12-ig terjed

 leggyakrabban használt forrasztási mód

Hőprofil mérése

 minden gyártó megadja az általa gyártott alkatrész beforrasztásához használt hőprofilt

 minden alkatrésznek egyedi hőprofilja van

 a forrasztáshoz olyan hőprofilt kell beállítani a kemencén, amelyminden alkatrésznek megfelelő

 célja: a segítségével meghatározzák a szerelőlemez különböző pontjaiban kialakuló hőmérsékletet

 hőprofil méréséhez szükség van adatgyűjtő/adatfeldolgozó és eszközre

 szokták mérni a hőmérsékletet az alkatrész és hő vevő lábánál és tokozásánál

 tokozásánál: kepton szalaggal az alkatrész tetejére a hőelemet ráragasztják és így mérik

 forrasztott kötéseknél:

 az alkatrészláb közelébe helyezik el a hőelemet

 a hőelemet a legmelegebb és a leghidegebb forrasztási pont környezetébe

rögzítik

 a leghidegebb pontmindig a nagyméretű BGA alkatrészek környezetében van

ez nagy hőt von el

 a legmelegebb a kisméretű SMD alkatrészek környezetében találhatók

Forrasztási hibák újraömlesztéses forrasztásnál

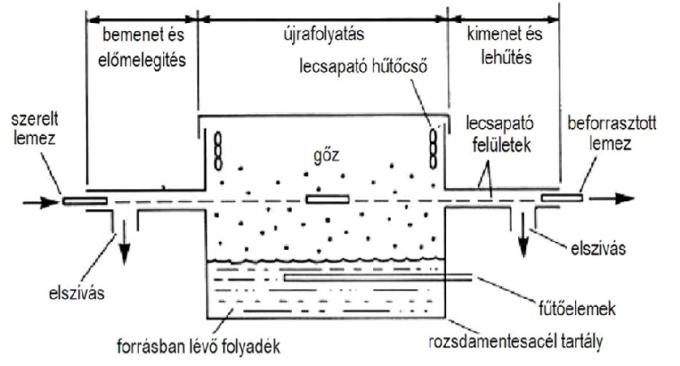
 nyitott kötések kialakulása (nem forrad hozzá az alkatrész), oka az alacsony csúcshőmérséklet

 ha magas a csúcshőmérséklet,a szerelőlemez vagy az alkatrész sérülése fordulhat elő

 rövid hőntartás miatt az alkatrész eltörését eredményezheti

 zárványképződés vagy sírkő effektus – hőtágulási együtthatók közötti különbsége okozza

 forraszgolyók képződése – oka a gyors melegítés, nagyhőhatására a forraszban gázok keletkeznek (buborékok), a folyasztószer felforr, és nem párolog el hanem amikor kipukkannak, akkor a forraszfémek egy kis darabját kiszakítják magukkal



 a forrasztott kötés eltörik – oka a gyors hűtés

*Gőzfázisú forrasztás*

 újraömlesztéses módszer, itt valamilyen hőközlő anyag van

 a szerelőlemezt be kell ültetni, de a hőközlés módjában különbözik az újraömlesztéses forrasztástól (hagyományos reflow)

 régi technológia

 egy ideig be volt tiltva, mert a folyadék amit hőközlésre alkalmaztak az erősen környezetkárosító volt

 galden anyagot alkalmaznak, amely már nem környezetkárosító

 a jó hőátadóképességű folyadékot, galden folyadékot hevítik, határozott forrásponttal

rendelkezik

 hevítés hatására a folyadék felett egy páraréteg alakul ki, melynek magasságát hűtéssel lehet szabályozni

 bepasztázzák a szerelőlemezt, majd beültetik

 a gőzfázisú kemencében átvontatják a párarétegen, ekkor kicsapódik a lemezen a gőz; a kicsapódás addig megy végbe, míg a szerelőlemez hőmérséklete kisebb, mint a gőz hőmérséklete

 ha a szerelőlemez hőmérséklete eléri a gőzét, akkor további kicsapódás nem jön létre

 a hőközlés hatására a pasztában a forraszfém megolvad, és létrejön a forraszkötés

 a kicsapódó gőz lefolyik a tartály falán, és nem vész kárba

 előnye a galdennek, hogy a folyadék forráspontjánál nagyobb hőmérséklet nem alakulhat ki a gőztérben

 különböző forráspontú galden folyadékok vásárolhatóak

*Hullámforrasztás*

 SMD és THT alkatrészeket lehet vele forrasztani

 pin in paste- újraömlesztéses technológiával is lehessen furatszerelt alkatrészt forrasztani

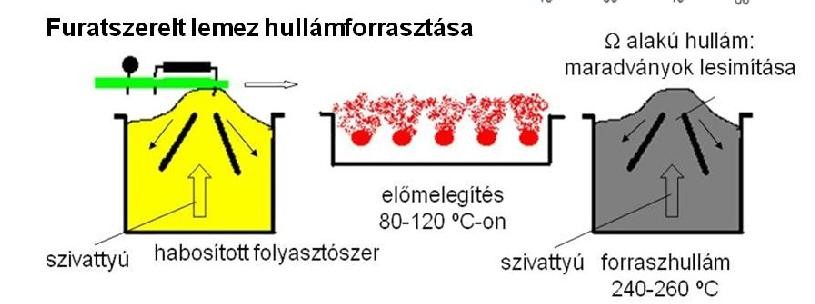
 a szükséges hőt a megolvadt forraszfémből kialakított forraszhullám biztosítja

 Működési elv:

 a szerelőlemezt egy szállítószalag vontatja át a forraszfémből kialakított forraszhullám fölött

 van egy forraszfémmel teli kád, és valamilyen pumpa átpumpálja a forraszfémet,

annak a közepén kialakított terelőlemezek között



 Lépései:

1. Folyasztószerrel bekenik a szerelőlemez alját:

 a szállítószalag alatt egy szórófej keresztirányban mozogva

bespray-zi

 habosított folyasztószert alkalmaznak (van egy tartály, abban a folyasztószer)

 van egy lyukas kő, amin a levegőt befújják, és ez buborékot képez a folyasztó szerben és ezzel felhabosítja

2. Előmelegítés:

 az oldószerek elpárologtatása, folyasztószer oxidmentesítése (aktiválás) kb.

100 °C-os hőmérsékleten

 a hősokk elkerülése végett az alkatrészeket előmelegítik

 IR hűtés

3. Hullámforrasztás:

 a szerelőlemezt áthúzzák a forraszhullám fölött, ami létrehozza a forrasztott kötést

 gyakran 2 hullámot alkalmaznak.

 Chip hullám – ez végzi a hullámforrasztás (benedvesíti a forrasztási lakkal be nem fújt területeket)

 λ-hullám – eltávolítja a felesleges forraszfémet

 alapvetően furatszerelt alkatrészeket lehet vele beforrasztani, de lehetőség van felületszerelt alkatrészek beforrasztására

 a felületszerelt alkatrészt fel kell ragasztani a szerelőlemezre

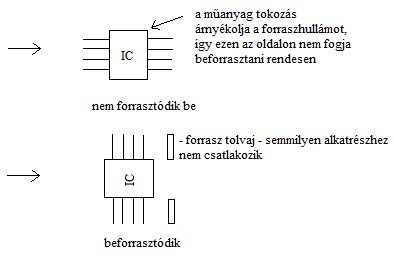
*A ragasztás lépései:*

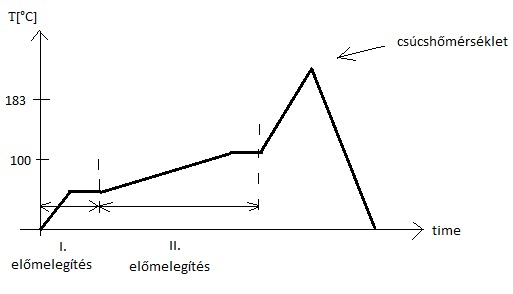
1. ragasztót visznek fel cseppadagolással, vagy stencilnyomtatással a szerelőlemezre

2. az alkatrész beültetése a ragasztóba

3. a ragasztó kikeményítése 150 °C-on, utána megfordítják a szerelőlemezt és mehet a forraszhullába

 nem mindegy a vonatkoztatási irány

 wörthman hullámegy hullám, amin mechanikai rezgetéssel turbulenciát hoznak létre, ezáltal a finom rasztelosztású alkatrészek is beforraszthatók



*Szerelőlemez szállítása:*

 szállítószalagon vontatják át a forraszhullám fölött

 kétféleképpen lehet rögzíteni a szerelőlemezt:

1. rögzítő fülekkel ellátott tálca

2. körmös megfogókkal történő rögzítés

 a szállítószalag sebessége 1,5 m/perc

*Szelektív forrasztás:*

 vannak olyan alkatrészek, amelyek méretüknél vagy anyaguknál fogva nem forraszthatók kemencében, ezeket külön kell beforrasztani

 utólag forrasztják be őket valamilyen módon

 szelektív mini-hullámforrasztás:

 van egy fúvóka a gépben, azon keresztül egy pumpa préseli át a forraszfémet

 a mini-hullámot oda kell irányítani a lábakhoz, a fúvóka fölött mozgatom a szerelőlemezt

 a fúvóka mellett, Ni, gázt áramoltatnak az oxidáció elkerülése végett

 bélyeges forrasztás

 pellet forrasztás