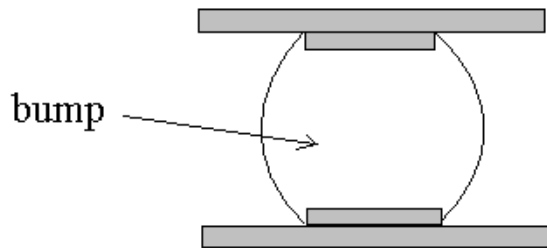


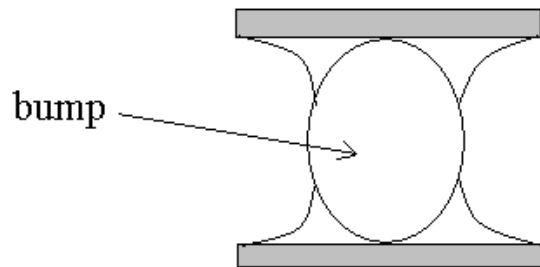
1. Ismertesse és ábrán is szemléltesse a BGA tokozás (műanyag és kerámia) szerkezeti felépítését és röviden ismertesse technológiáját!

Műanyag tokozás



A bumpok megnyúlnak, vetemednek, eltérő alakúak lesznek

Kerámia tokozás:

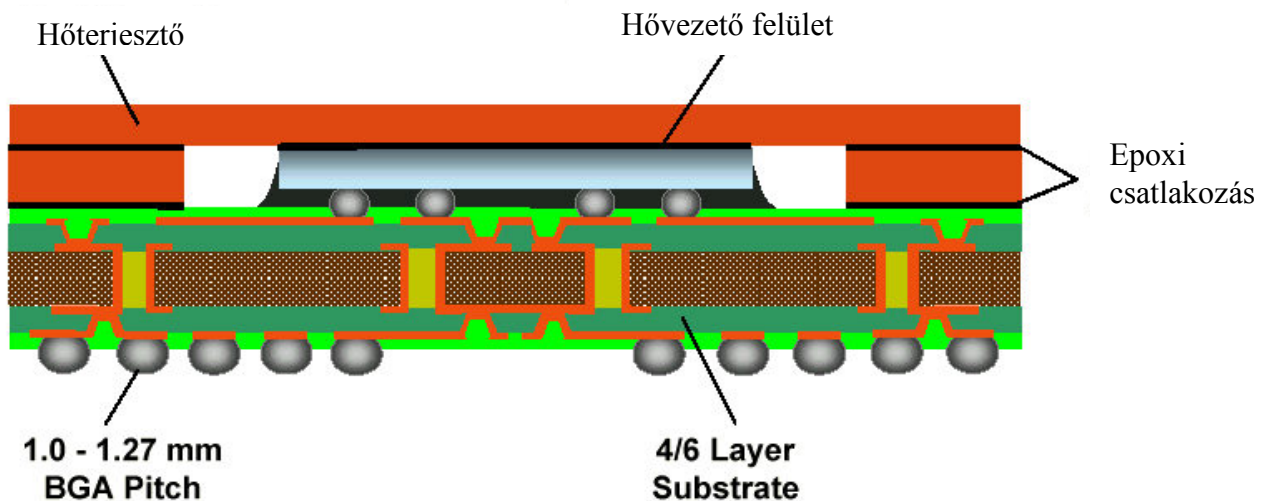


A bumpok nem olvadnak meg reflow közben.
Nem eutektikus forraszból van.
CTE (hőtágulási együttható) $\sim 6\text{ppm}/^\circ\text{C}$
Tartja a távolságot, fix bump méret.
Homogén „stand-off height”, vagyis az interpozer és a NyHL között fix távolság van

2. Ismertesse és ábrán is szemléltesse a termikusan feljavított Flip Chip BGA szerkezetét és röviden ismertesse technológiáját

A legfelső réteg nem műanyag, hanem fém $\rightarrow$ hűtőbordaként funkcionál.

Epoxi csatlakozás / ragasztás: hogy ne legyen elektromos összeköttetés.

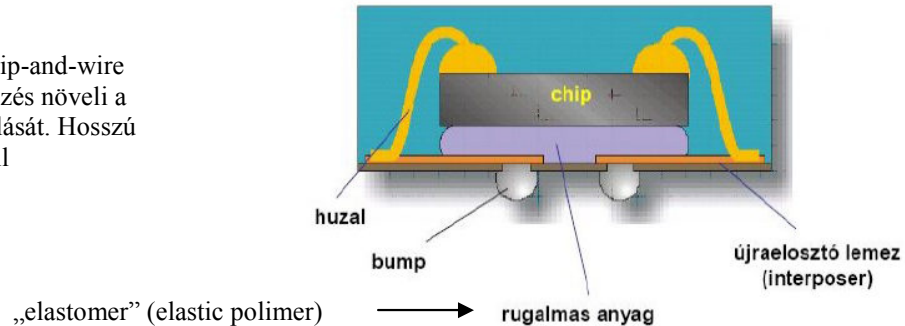


3. Ismertesse és ábrán is szemléltesse a hőtágulási problémák csökkentésére rugalmas anyagokat és hajlékony vezetékeket alkalmazó BGA tokozás szerkezeti kialakítását

- A uBGA tokozásnál rugalmas anyag elhelyezése a chip és az újraelosztó réter (interposer) közé:

A chipnek és az újraelosztó lemeznek igen eltérő a hőtágulási tényezője, a szilícimé $3 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$, míg az nyh újraelosztó lemezé $15 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$. Ezért célszerű, ha az ebből adódó deformációkat a közéjük helyezett rugalmas anyag veszi fel.

A chip bekötése a chip-and-wire eljárással. A huzalközés növeli a uBGA tok helyfoglalását. Hosszú bekötő-huzalokat kell alkalmazni.



4. Ismertesse rajzokkal vázlatosan a merev hordozós áramkörök 3D szerelési megoldásait

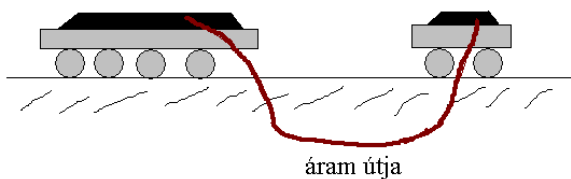
(z-iránybeli építkezés)

Cél: integráció növelése, funkciók közelebb hozása

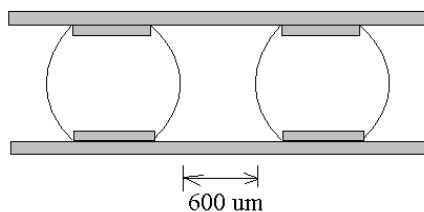
Technológia hajtóereje: sebességnövelés

Hajlékony hordozós:

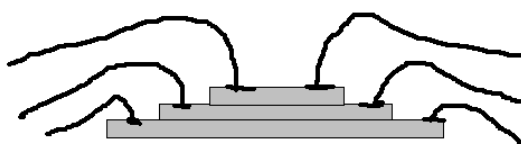
FC-BGA



Merevhordozós:



600 um-re betehetünk egy ellenállást de csak egy 01005-ös ellenállás fér el

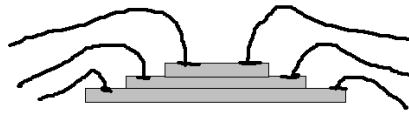


MCM – multi-chip-module
– 1 tokban több chip
3D Stack

5. Ismertesse a „stack” IC-k egymásra építési konstrukcióit és a TSV konstrukcióját

3D stack:

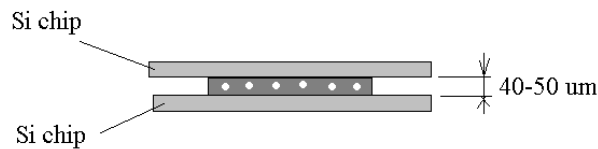
1. lépcsős elrendezés:



előnye: egyszerű

hátránya: egyre kisebbek a lapkák

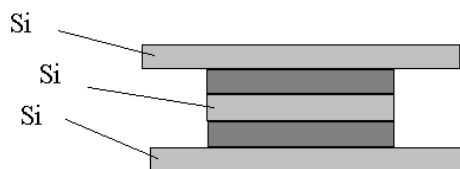
2. távtartós megoldás:



előny: azonos méretű, négyzetes chipet tudunk egymásra építeni

hátrány: nehezebb, kritikus a távtartó anyag vastagságának homogenitása

3. Dummy-lapkás:

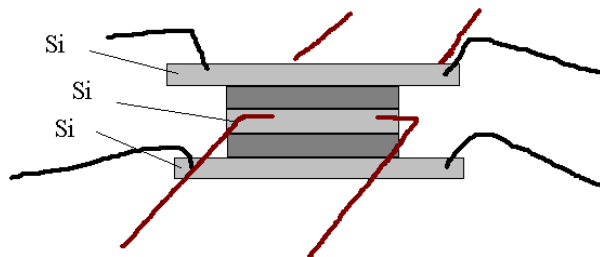


dummy lapka: csak technológiai célja van, nincs funkciója

előnye: homogén távtartó

hátránya: drága (extra szilícium lapra van szükség)

4. Keresztező megoldás („criss-cross”):

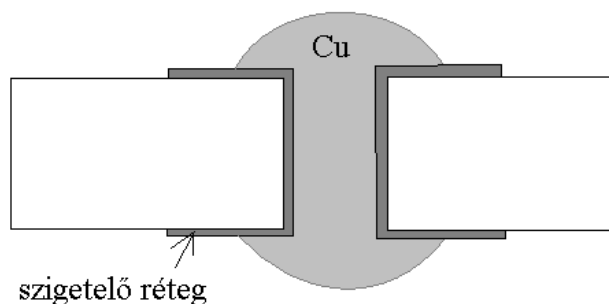


előnye: - nem drága (a középsőnek is van funkciója)

- homogén távtartó

hátránya: csak téglalap alakú chipet esetén használható

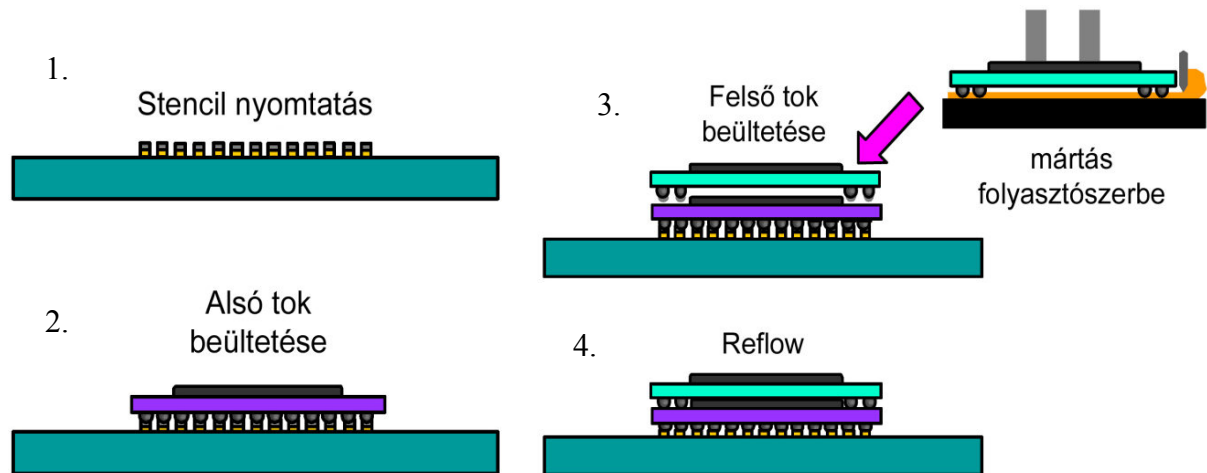
TSV – Through Silicon Via konstrukciója



TVS = szilíciumon átmenő via

Ezzel lehet a legkisebb távolságot elérni két chip között.

6. Ismertesse a Package-on-Package szereléstechológia lépéseit és főbb veszélyeit



A felső tokot folyasztószerbe mártják, a forrasztásnál csak a golyó forraszmennyiségéből alakul ki a forrasztott kötés.

Veszélyek:

- zsugorodik a bump 75-80%-ra → veszélye az eltartásnak → nyitott kötés
- vetemedés, CTE különbség, gyanta Tg üvegesedési hőmérséklet → nyitott kötés
- Az alsó tok vetemedése nyitott forrasztott kötések kialakulásához vezet.

Megoldás: illesztett CTE hordozók

2/1. Ismertesse a három legelterjedtebb stencilkészítési technológiát!

1. Kémiai maratás: NyHI rézrajzolata (pozitív fotoreziszt maszkkal alakítják ki)
~200 um vastag – kétoldali maratás kell, hogy kisebb legyen az alámaródás
~ 17-35 um alámaródás, minél vastagabb a stencil, annál vastagabb az alámaródás
- túl nagy az érdesség, a forrasz is beleragad a lyuk falába

- Tiszta felületű fémre két oldalról fotorezisztet viszünk fel, majd ezen keresztül marjuk a fémeket (homokóra keresztmetszet – olcsó).

2. Lézerrovágás: montírozott áramköröknél használják

~ 100-175 um vastag

~ 100 000 Ft (2000 db-ra)

- kisebb bordázottságú oldala lesz a kivágott lyukaknak
- de ez előnyös, mert a folyasztószer megtapad, ami a forrasznak kenőanyagként működik (nem ragad a forrasz a stencil falához)

- Trapéz alakú keresztmetszet, a hordozó oldal felől vágják.

3. Galvanoplasztika:

- additív → az árat a fólia vastagsága határozza meg

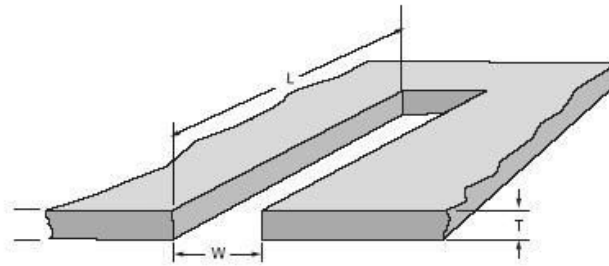
~ 50-100 um vastag

~ 350 000 – 500 000 Ft

- Fém hordozóra fotorezisztet viszünk fel, majd a leoldott területre fémeket galvanizálunk.

2/2. Ismertesse az alapvető stenciltervezési irányelveket a felületszerelt alkatrészekhez (redukció, fóliavastagság meghatározása, PBGA-CBGA alkatrészek)!

Apertúra paraméterei:



Redukció: Ni/Au, ImAg, LF/HASL esetén 10% redukcióval kell számolni.
ImSn és OSP esetén nincs redukció.

$$AS = \frac{W}{T} > 15 \quad AR = \frac{WL}{2(W+L)T} > 0,66$$

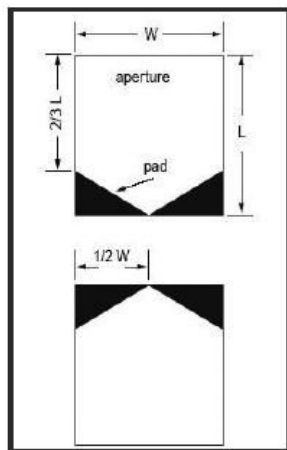
PBGA: Pad átmérővel egyező élhosszúságú apertúra.

CBGA: Túl nyomtatás szükséges, Minimum híd 1,2T

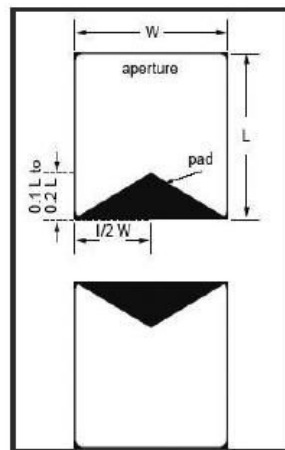
2/3. Ismertesse a forraszgolyó-képződés hibamechanizmusát és mutasson be apertúraterveket ennek kiküszöbölésére!

- Nemkívánatos forraszgolyó, amely a forrasztöbbség miatt marad a szerelt áramkörön.
- A forraszgolyó-képződés megelőzhető megfelelően megtervezett apertúrákkal
- A forraszpaszta felvitelére szolgáló stencilt úgy tervezzük, hogy a lehető legjobban megelőzze a forrasztási hibák kialakulását (forraszhíd, forraszgolyó-képződés).

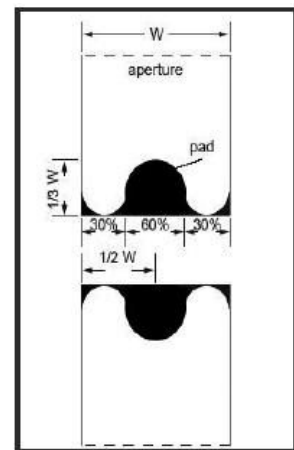
Apertúratervek:



Home-plate



Inverz home-plate



Lekerekített inverz home-plate

Legfőbb hibamechanizmusa: a forraszpaszta – beültetés után – az alkatrész alól a forrasztásgátló lakkrétegre kerülve ott ömlik meg. További lehetőség, amikor a folyasztószer felforr és a megolvadt forrasz szétfröccsen.

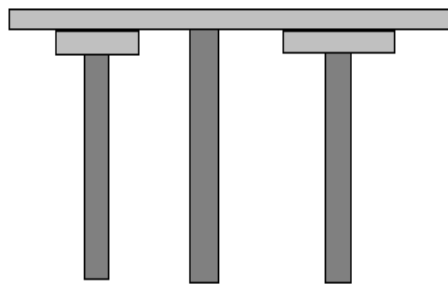
2/4. Határozza meg a stencilfólia megfelelő vastagságát 0,4 mm raszterosztású, QFP tokozású alkatrészhez. (forrasztási felület mérete 200x1000 µm és nincs apertúra redukció)!

$$\frac{200}{T} > 1,5 \text{ és } \frac{200 \cdot 1000}{2(200 + 1000)T} > 0,66 \rightarrow T_1 = 133 \text{ µm és } T_2 = 126 \text{ µm}$$

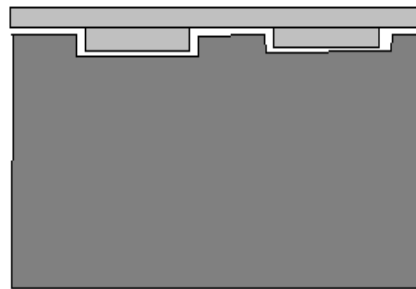
A két érték közül a kisebbet kell választani (lefelé kell kerekíteni a legközelebbi gyártott értékhez). A megoldás 125µm.

2/5. Ismertesse a főbb stencilnyomtatási paramétereket és azok jellemző értékeit! Mutassa be az oszlopos és a dombormaratott alátámasztási rendszert!

- Sebesség: 30...200 mm/s (finom raszter-osztás esetén: 30...70 mm/s)
- Késerő: 30...120 N – szokásos még N/mm -ben megadni.
- Elválasztási sebesség: 0,5...6 mm/s
- Stenciltisztítás: törlési ciklus sűrűsége (5-20 száraz törlőkendő, 10-20 nedves törlőkendő, vákuumos.)
- Alátámasztás: oszlopos dombormaratott.



Olcsóbb, rugalmas megoldás



Drága, csak nagy volumenű gyártásnál éri meg

Oszlopos: az NyHL alatt a fontosabb pontokon, lehetőleg egyenletesen vákuumos alátámasztások vannak. (olcsó)

Dombormaratott: Az alkatrészek számára az alátámasztó lemezbe mélyedéseket marunk. Kétoldalas lemez második stencilnyomtatásánál szükséges ez. (jobb alátámasztás, drágább)

2/6. Ismertesse a jellemző stencilnyomtatási hibákat és azok kiküszöbölési módjait! (6 db.)



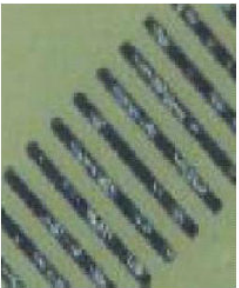
Forraszpaszta eltömíti az apertúrát – nyitott kötés

- Gyakoribb stenciltisztítás szükséges
- Nem megfelelő az illeszkedés a hordozó és a stencil között
- Nincs megfelelően beállítva a hordozó magassága
- Nem megfelelő a hordozó alátámasztása



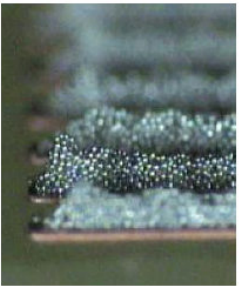
Paszta a stencil aljára száradt – rövidzárat okozhat

- Gyakoribb stenciltisztítás szükséges
- Nem megfelelő az illeszkedés a hordozó és a stencil között



Hiányos pasztalenyomat – nyitott kötést okozhat

- Gyakoribb stenciltisztítás szükséges
- Sokat állt a paszta a stencilen
- Kevés a paszta mennyisége a stencilen
- Eltömődött az apertúra



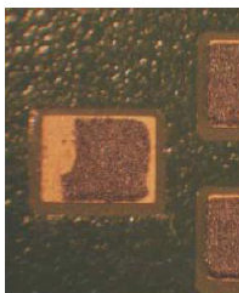
„Kutyafül” effektus – rövidzárat okozhat a finom raszter-osztású alkatrészek kivezetései között

- Növelni kell a nyomtatási sebességet – növeli a paszta viszkozitását
- Nem megfelelő elválasztási sebesség
- Nem megfelelő a hordozó alátámasztása



Kráter alakú pasztalenyomat – kevés paszta nyitott kötést okozhat

- Túl nagy a késerő
- Kopott a nyomtatókés pengéje
- Nem illeszkedik a hordozó a stencilhez, nincs megfelelően beállítva a hordozó magassága
- Túl nagy élhosszúságú apertúra

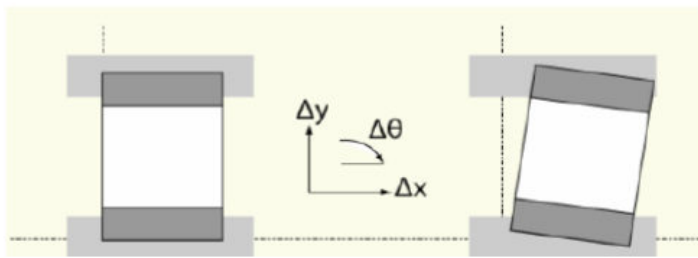


Részleges paszta lenyomat – nyitott kötést okozhat

- A hordozó szennyezett, rosszabbul tapad a paszta a kontaktusfelülethez

3/1. Ismertessen tipikus alkatrész-beültetési hibákat!

BEÜLTETÉSI HIBÁK



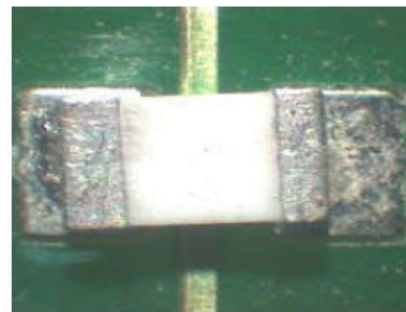
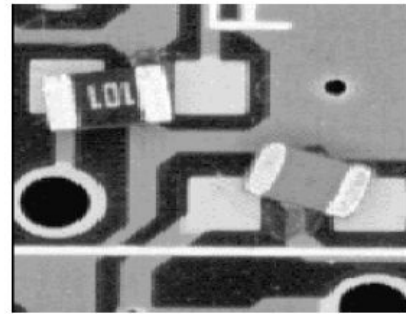
beültetési pontosság =
 beültetőgép pontossága
 + alkatrész méretének pontossága
 + NYHL mintázatának pontossága

Accuracy – pozícióhiba, [μm]

Repeatability – pozícióhiba szórása [σ]

Egyéb hibák

- Alkatrész leesik a pipettáról, nem kerül beültetésre
- Alkatrészek melléhelyezése, forgási hibája
- Rossz polaritással beültetett alkatrész



3/2. Ismertesse a mérőeszközök ismételhetőség és reprodukálhatóság vizsgálatát! Mikor tekinthető elfogadhatónak egy mérőeszköz?

MÉRŐESZKÖZÖK ISMÉTELHETŐSÉG ÉS REPRODUKÁLHATÓSÁG VIZSGÁLATA

Ismételhetőség és reprodukálhatóság vizsgálata

(Gauge Repeatability & Reproducibility)

Ismételhetőség – a mérőeszközre vonatkozik

Reprodukálhatóság – a mérőszemélyekre vonatkozik

több minta (pl. 10.), több mérő személy (pl. 3.), többszöri mérés (pl. 3.)

Eredmények feldolgozása:

$$\sigma^2_{\text{mérés}} = \sigma^2_{\text{reprod}} + \sigma^2_{\text{ism}}$$

$$\sigma^2_{\text{teljes}} = \sigma^2_{\text{alkatrész}} + \sigma^2_{\text{mérés}}$$

$$R \ \& \ R(\%) = \frac{\sigma^2_{\text{mérés}}}{\sigma^2_{\text{teljes}}} \cdot 100$$

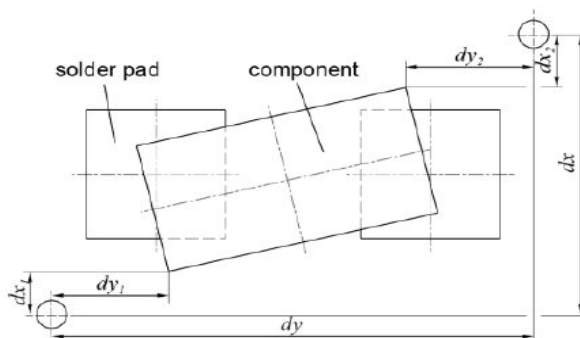
Minősítés	Nem elfogadható	Felt. elfogadható	Megfelel
R&R	R&R > 30%	10% < R&R < 30%	R&R < 10%

3/3. Ismertesse a beültetőgépek beültetési hibájának meghatározására szolgáló globális és lokális mérési elvet!

A BEÜLTETŐGÉPEK BEÜLTETÉSI HIBÁJÁNAK MÉRÉSE

Mérhető és ellenőrizhető:

- az alkatrész x és y irányú pozícióhibája; **elfogadási határ:** az alkatrész rövidebbik oldalának 25%-a
- az alkatrész szögelfordulása **elfogadási határ:** $\pm 5^\circ$
- AOI vagy optikai mikroszkóp
- Abszolút mérés: a szerelőlemez négy sarkán kialakított referenciapontokhoz mérik, a pontosságot befolyásolja a mérőeszköz
- Relatív mérés: az alkatrész köré elhelyezett referenciapontokhoz mérik, a pontosságot a rajzolatkészítés befolyásolja



$$x_{\text{ofszet}} = \frac{dx_1 - dx_2}{2}$$

$$y_{\text{ofszet}} = \frac{dy_1 - dy_2}{2}$$

$$\theta_{\text{ofszet}} = \arctan\left(\frac{dx}{dy}\right) - \arctan\left(\frac{dx - dx_1 - dx_2}{dy - dy_1 - dy_2}\right)$$

3/4. Ismertesse a folyamatképességi index és a korrigált folyamatképességi index meghatározására szolgáló összefüggést.

KÉPESSÉG MUTATÓK

C_p process capability
folyamatképesség:

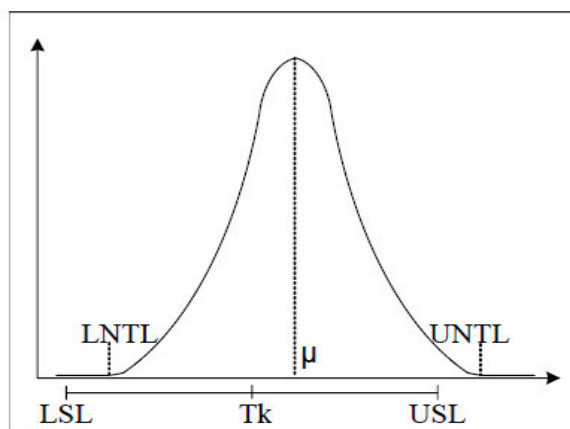
$$C_p = \frac{USL - LSL}{2k\sigma}$$

USL – Upper specification limit
felső elfogadási határ

LSL – Lower specification limit
alsó elfogadási határ

$k=3$ folyamatképesség esetén

$k=4$ gépképesség esetén



Korrigált folyamatképességi index:

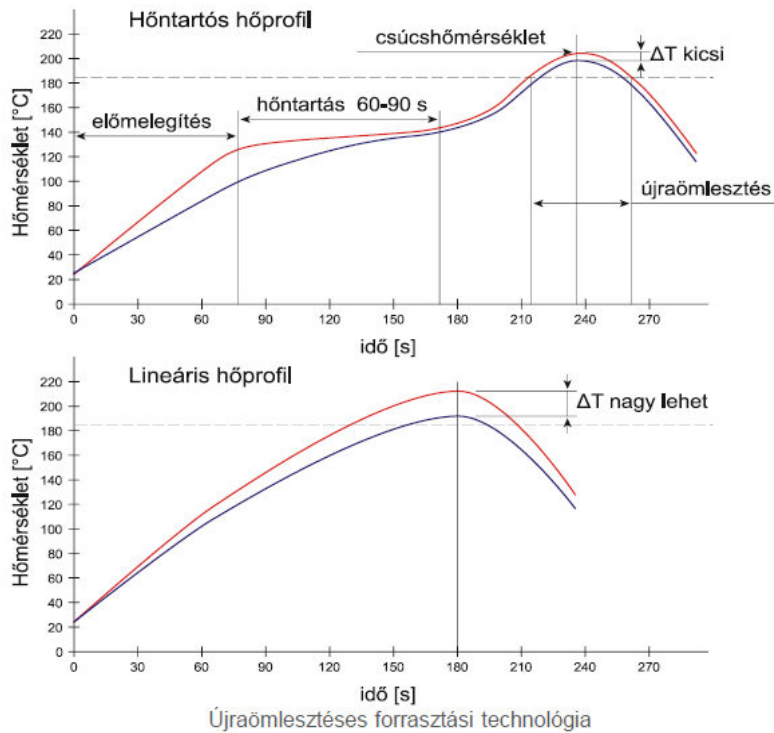
$$C_{pk} = \frac{\min(USL - \mu, \mu - LSL)}{k\sigma}$$

3/5. Beültetőgép mérésénél a 0603-as ellenállások átlagos pozícióhibája $30 \mu m$, szórása $25 \mu m$. Határozza meg a beültetőgép korrigált képességi mutatóját!

Az elfogadási határt chip méretű alkatrészek esetén a T(arget)-hez képest a rövidebbik oldal negyede, tehát:

$$C_{pk} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} = \frac{187 \mu m - 30 \mu m}{75 \mu m} = 2.09$$

4/1. Ismertesse a hőntartós és a lineáris hőprofil, azok tulajdonságait, előnyeit, hátrányait! Számolja ki a Q_η tényezőt, ha az olvadáspont felett töltött idő 60 másodperc, a forrasz olvadáspontja 220 °C, a csúcshőmérséklet 240 °C, a fűtési gradiens 2, míg a hűtési gradiens 4 °C/s!



$$Q_\eta = \int_{t_1}^{t_2} (T(t) - T_{olv.}) dt$$

$$Q_\eta \approx \frac{a + c}{2} m = \frac{60 + 45}{2} 20 = 1050 s^\circ C$$

$$Q_\eta = \int_{t_1}^{t_2} (T(t) - T_l) dt \quad \left| \quad Q_\eta = \frac{a + c}{2} \cdot m \quad \left| \quad t_2 - t_1 : \begin{array}{l} \text{olvadáspont} \\ \text{fölött töltött idő} \end{array} \quad \left| \quad T_l : \begin{array}{l} \text{olvadáspont} \end{array} \right. \right.$$

4/2. Ismertesse a forraszprofilok alakjának meghatározására szolgáló általános összefüggést, valamint levezetéssel adja meg a felületi feszültségből származó energia összefüggését, ha határfeltételként azt szabjuk, hogy a forrasz nem nedvesít végig a forrasztási felületeken!

$$E = E_{\text{felületi fesz.}} + E_{\text{grav.}}$$

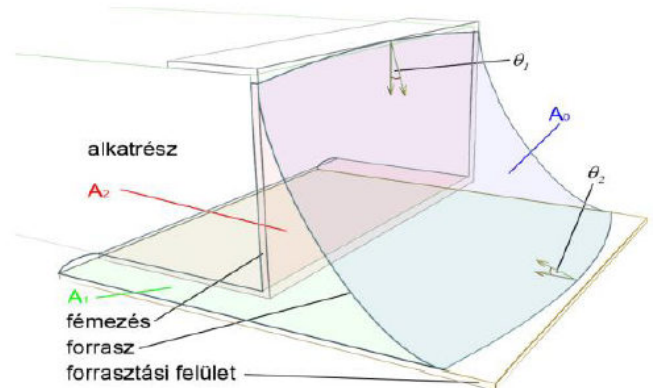
$$\gamma_{SG} = \gamma_{LG} \cos \Theta + \gamma_{SL} \quad (\text{Solid, Liquid, Gas})$$

$$E_S = \iint_{A_{\text{meniszkusz}}} \gamma dA + \iint_{A_{\text{forrasz-pad}}} -\gamma \cos \Theta_{\text{alkatr-menisz.}} dA +$$

$$+ \iint_{A_{\text{forrasz-alkatr.}}} -\gamma \cos \Theta_{\text{pad-menisz.}} dA$$

$$E_{\text{grav.}} = \iiint_V \rho g z dV$$

$$E = E_S + E_G = \int_A \gamma \cdot dA + \iiint_{x,y,z} \rho \cdot g \cdot z \cdot dx dy dz \quad *$$



$$E_S = \int_{A_0} \gamma_{LG} dS + \int_{A_1} -\gamma_{LG} \cdot \cos \theta_1 dS + \int_{A_2} -\gamma_{LG} \cdot \cos \theta_2 dS \quad **$$

Forraszprofil alakja

4/3. Ismertesse a forrasztás hőprofiljának nem megfelelő beállításából származó hibákat a hőprofil jellemző szakaszaira bontva! Mi az MSL szint?

Újraömllesztés forrasztás nem megfelelő hőprofilja

Melegítés: - lassú – paszta megrogyik (slump) – rövidzárat okozhat,
- gyors – a folyasztószer felforr – apró forraszgyöngyök jelennek meg (beading).

Hőntartás:

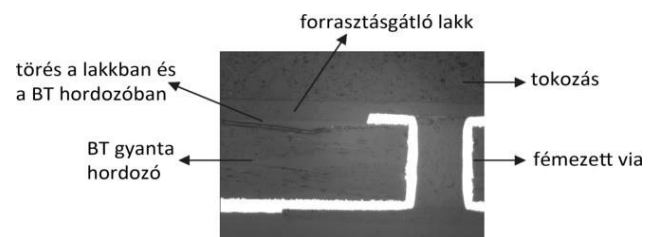
- alacsony – folyasztószer nem tisztítja a kontaktusfelületet – rossz nedvesítés,
- magas – a forraszpasztát jobban oxidálódik – rossz nedvesítés,
- rövid – nagy lehet a hőmérséklet-különbség az alkatrészek között a csúcshőmérsékleti szakaszon – hideg kötés
- hosszú – hosszabb ciklusidő, kisebb termelékenység, forraszpasztát jobban oxidálódik – rossz nedvesítés

Csúcshőmérséklet:

- alacsony – nem ömlik meg a forrasz – nyitott kötés,
- magas – eléghetnek az alkatrészek.

MSL – Moisture Sensitivity Level

- Meghatározza, hogy a kibontás után mennyi időn belül kell beforrasztani az alkatrészeket; be nem tartása delaminációt és törést okozhat a tokban.



4/4. Ismertesse a hőprofil mérésre szolgáló eszközöket!

Hogyan érdemes rögzíteni a hőelemeket a BGA tokozású alkatrészek kivezetéseire?

hőelem

adatrögzítő + hőálló doboz

adattfeldolgozó software

	Min Temp	Max Temp	Min Time	Max Time
pre-heat	215.0	235.0	30.0	600.0
heat pre-heat	235.0	255.0	10.0	600.0
peak	275.0	295.0	10.0	600.0
cool pre-heat	275.0	255.0	10.0	600.0

Hőelemek a bump-ok között: Egyszerű felhelyezés - Pontatlan mérés

Hőelemek forrasztása a bump-ba: Bonyolult felhelyezés - Pontos mérés

4/5. Ismertesse a szelektív hullámforrasztási eljárásokat (keretes, bélyeges, kéményes)! Mi a keretes hullámforrasztás jellemző hibája?

Szelektív hullámforrasztás:

A felületszerelt és furatszerelt alkatrészeket egyaránt tartalmazó áramkörök esetén a felületszerelt alkatrészeket újraömlesztéses forrasztási technológiával, a furatszerelt alkatrészeket pedig valamilyen szelektív forrasztási technikával kötik be. A szelektív forrasztásnál a forrasztóanyag csak a furatszerelt alkatrészek kivezetéseit éri. Legelterjedtebb szelektív forrasztási technikák:

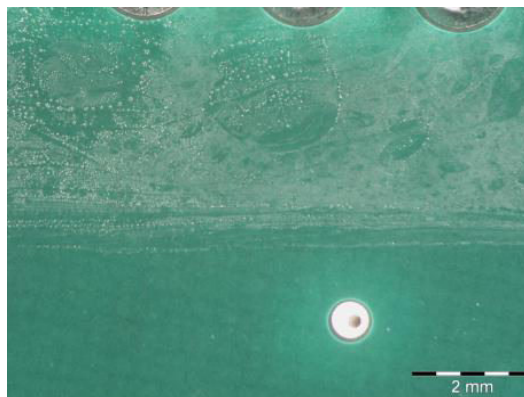
- keretes szelektív hullámforrasztás
- bélyeges forrasztás
- kéményes szelektív hullámforrasztás

Keretes szelektív hullámforrasztás: a forrasztást hagyományos hullámforrasztó berendezéssel végzik, szerelőlemez alján lévő felületszerelt alkatrészeket fém maszkkal védik, melyen ablakokat alakítanak ki a furatszerelt alkatrész kivezetéseinek megfelelően.

Hibája:



Visszamaradó szennyeződések; forrasztó és folyasztószer maradvány



A forrasztókeret ablakainak éleinek megfelelően folyasztószer maradványok figyelhetők meg

Bélyeges szelektív hullámforrasztás:

A bélyeges forrasztáshoz olyan forrasztószerszámot alkalmazunk, mely a szerszámtestre erősített bélyegeket (apró vályúkat) tartalmaz. A szerszámtest a bélyegekkel együtt olvadt forraszt tartalmazó kádba merülve helyezkedik el. A forrasztás során a szerszámtest a bélyegekkel együtt kiemelkedik a forrasztfürdőből. A bélyegek a rajtuk kialakított mélyedések segítségével olvadt forrasztanyagot emelnek ki a kádból, melyet az áramkör kontaktus felületeihez érintünk, és így létrejön a forrasztandó kötés.

Kéményes hullámforrasztás:

Speciális forrasztófejjel pontszerű forraszhullámot állítunk elő. Ezt a pontszerű forraszhullámot a forrasztási helyek alá pozícionálva, kivezetőnként létrehozuk a forrasztott kötések. Előzetesen a folyasztószer felvitele és az előmelegítés történhet ugyanabban a berendezésben.