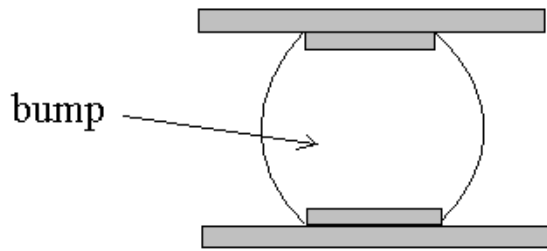


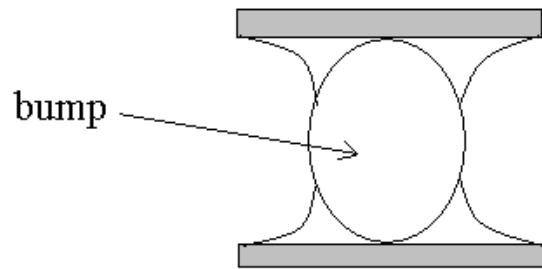
**1. Ismertesse és ábrán is szemléltesse a BGA tokozás (műanyag és kerámia) szerkezeti felépítését és röviden ismertesse technológiáját!**

*Műanyag tokozás*



A bumpok megnyúlnak, vetemednek, eltérő alakúak lesznek

*Kerámia tokozás:*

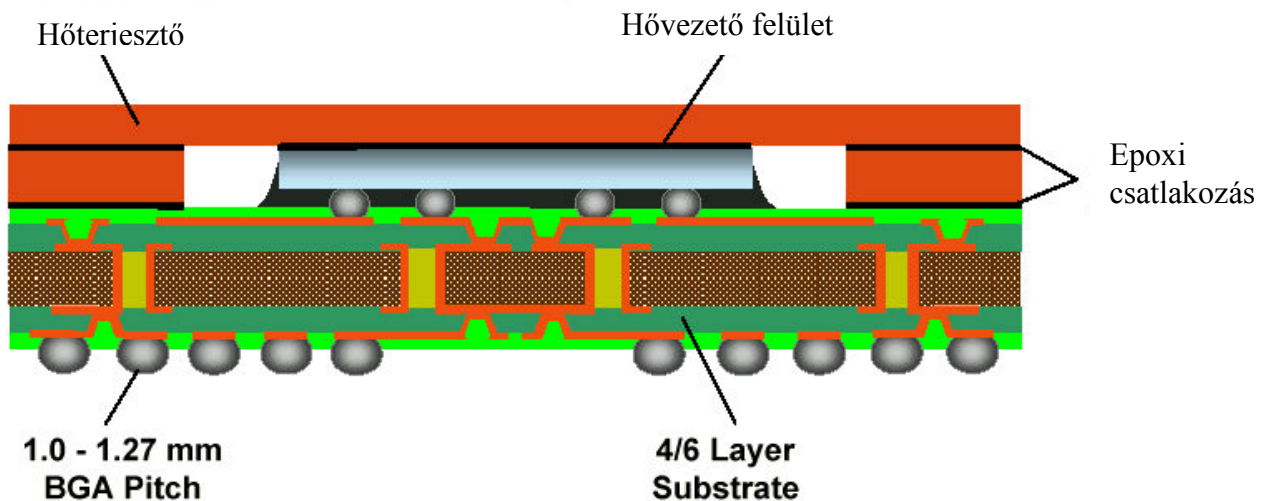


A bumpok nem olvadnak meg reflow közben.  
Nem eutektikus forraszból van.  
CTE (hőtágulási együttható)  $\sim 6\text{ppm}/^\circ\text{C}$   
Tartja a távolságot, fix bump méret.  
Homogén „stand-off height”, vagyis az interpozer és a NyHL között fix távolság van

**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.

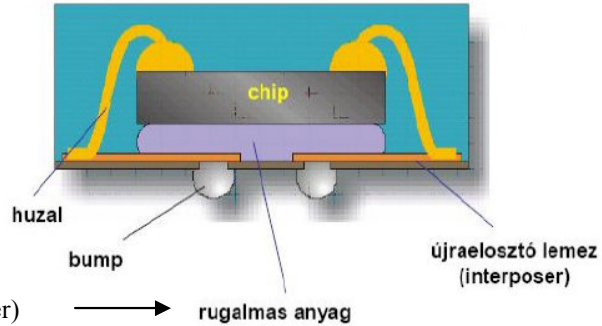


### 3. Ismertesse és ábrán is szemléltesse a hőtágulási problémák csökkentésére rugalmas anyagokat és hajlékony vezetékeket alkalmazó BGA tokozás szerkezeti kialakítását

- 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

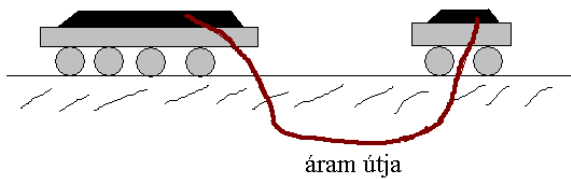
(z-iránybeli építkezés)

Cél: integráció növelése, funkciók közelebb hozása

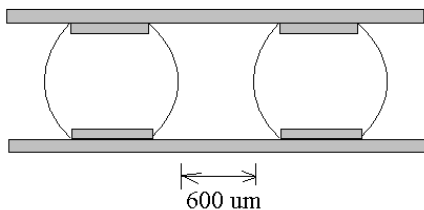
Technológia hajtóereje: sebességnövelés

**Hajlékony hordozós:**

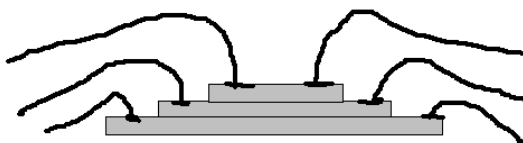
FC-BGA



**Merevhordozós:**



600  $\mu\text{m}$ -re betehetünk egy ellenállást de csak egy 01005-ös ellenállás fér el

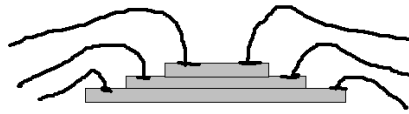


MCM – multi-chip-module  
– 1 tokban több chip  
3D Stack

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

### 3D stack:

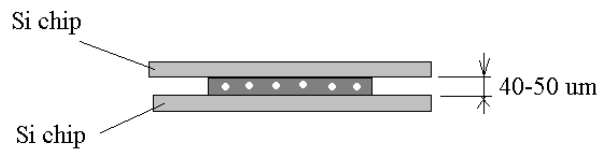
#### 1. lépcsős elrendezés:



előnye: egyszerű

hátránya: egyre kisebbek a lapkák

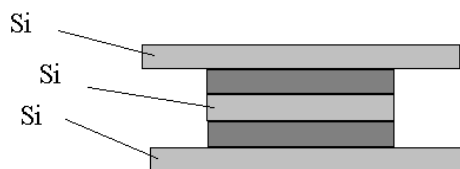
#### 2. távtartós megoldás:



előny: azonos méretű, négyzetes chipet tudunk egymásra építeni

hátránya: nehezebb, kritikus a távtartó anyag vastagságának homogenitása

#### 3. Dummy-lapkás:

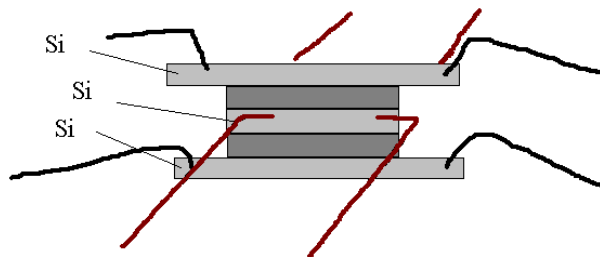


dummy lapka: csak technológiai célja van, nincs funkciója

előnye: homogén távtartó

hátránya: drága (extra szilícium lapra van szükség)

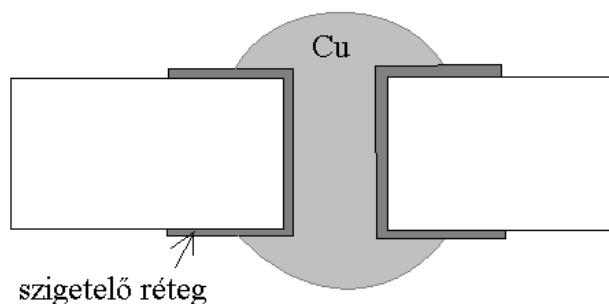
#### 4. Keresztező megoldás („criss-cross”):



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

hátránya: csak téglalap alakú chipet esetén használható

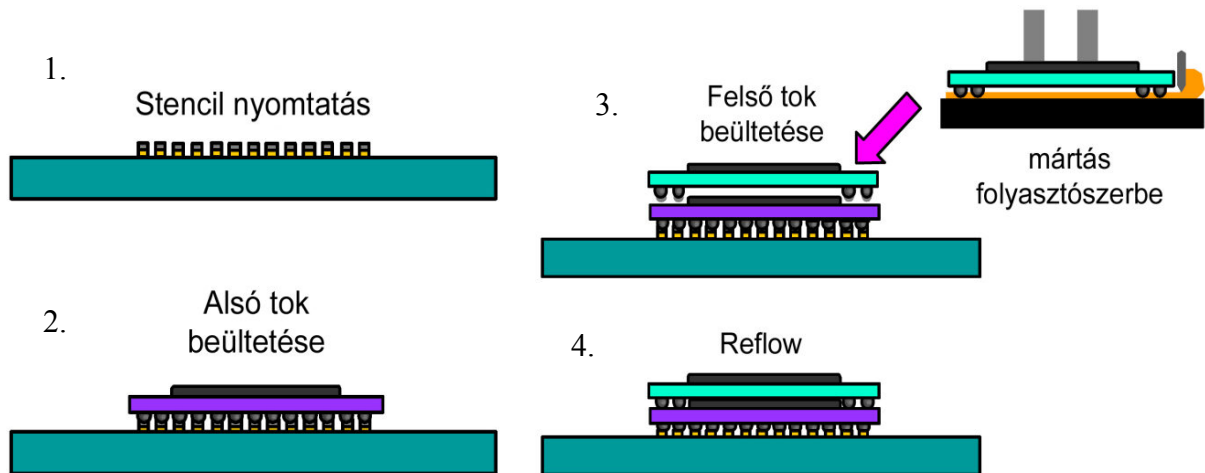
### TSV – Through Silicon Via konstrukciója



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!

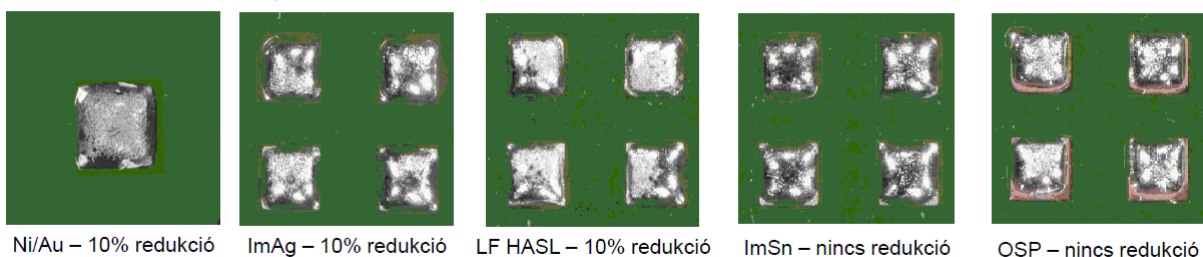
1. Kémiai maratás: NyHI rézrajzolata (pozitív fotoreziszt maszkkal alakítják ki)  
~200 um vastag – kétoldali maratás kell, hogy kisebb legyen az alámaródás  
~ 17-35 um alámaródás, minél vastagabb a stencil, annál vastagabb az alámaródás  
- túl nagy az érdesség, a forrasz is beleragad a lyuk falába

2. Lézervágás: 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)

3. Galvanoplasztika:  
- additív → az árat a fólia vastagsága határozza meg  
~ 50-100 um vastag  
~ 350 000 – 500 000 Ft

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

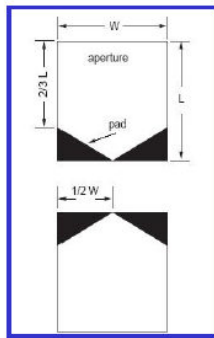
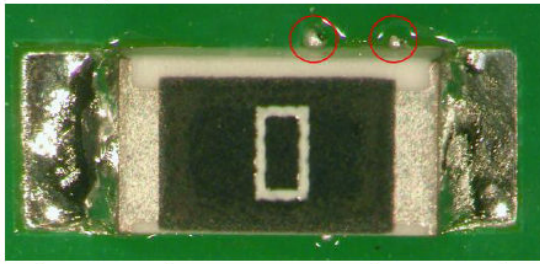
Stenciltervezési irányelvek SM alkatrészekhez



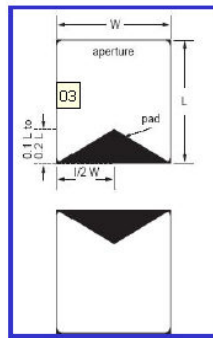
Mindenütt szükség lenne 10% redukcóra, de nem mindig lehetséges.

Hiba, ha nincs redukcó: a sarkokban nem nedvesített a paszta, de ez nem okoz bajt, csak a vevőnek nem tetszik

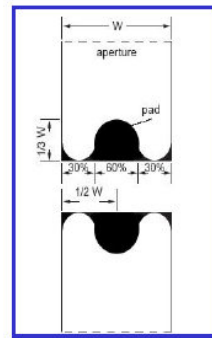
## Stenciltervezési irányelvek SM alkatrészekhez



Home-plate



Inverz home-plate



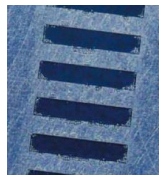
Lekerekített inverz home-plate

- 1) ENIG – árammentes nikkel, immerziós arany
- 2) ImAg – immerziós ezüst
- 3) HASL – hot air solder leveling – tűzió (SnPb, SAC):
  - Forró levegős forrasz szintezés.
  - Egyetlen felülete van – nem lesz homogén a térfogat
  - Csak durva raszterosztású áramkörökre.
- 4) ImSn – immerziós ón, nem lehet redukcót használni
- 5) OSP – ez nem fém, nagyon olcsó, de gagyi bevonat, nem lehet redukcót használni



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

- Nemkívánatos forraszgolyó, amely a forrasztöbbllet 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).



#### Forraszpaszta eltömíti az apertúrát – nyitott kötés

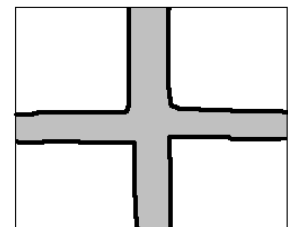
- Gyakoribb stenciltisztítás szükséges
- Nem megfelelő az illeszkedés a hordozó és a stencil között
- Nincs megfelelően beállítva a hordozó magassága
- Nem megfelelő a hordozó alátámasztása

egyéb:

- kevés paszta → nyitott kötés
- túl sok paszta → rövidzár
- forraszpaszta eltömíti az apertúrát → nyitott kötés
- paszta a stencil aljára száradt („alávérzik”) → rövidzárlatot okozhat
- hiányos pasztalenyomat
- kutyafül effektus – a forraszpaszta széle kiemelkedik
- kráteres lenyomat
- részleges pasztalenyomat → nyitott kötést okozhat



megoldás:  
apertúra behálózása:



2-300 um-es hidakat betervezünk

**2/4.** Határozza meg a stencilfólia megfelelő vastagságát 0,4 mm raszterosztású, QFP tokozású alkatrészhez. (forrasztási felület mérete 200x1000  $\mu\text{m}$  és nincs apertúra redukció)!

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

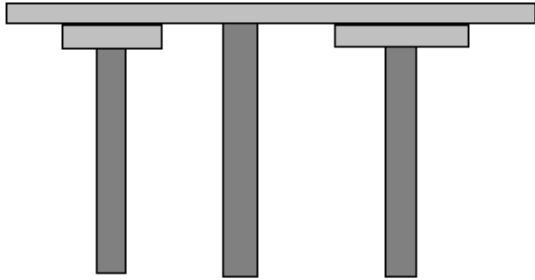
Sebesség: 30...200 mm/s (finom raszter-osztás esetén: 30...70 mm/s)

Késerő: 30...120 N – szokásos még N/mm -ben megadni.

Elválasztási sebesség: 0,5...6 mm/s

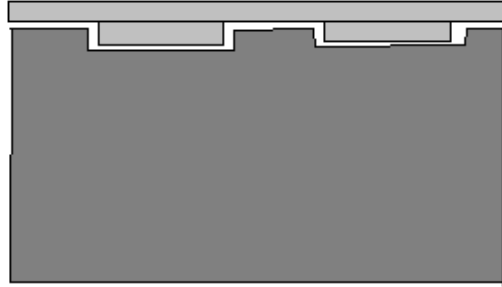
Stenciltisztítás: törlési ciklus sűrűsége (5-20 száraz törlőkendő, 10-20 nedves törlőkendő, vákuumos.)

Alátámasztás: oszlopos



Olcsóbb, rugalmas megoldás

dombormaratott.



Drága, csak nagy volumenű gyártásnál éri meg

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



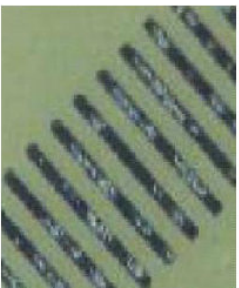
**Forraszpasztta eltömíti az apertúrát – nyitott kötés**

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



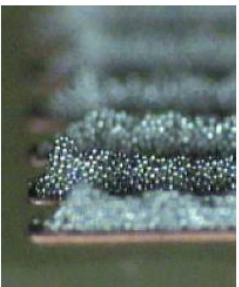
**Paszt a stencil alá száradt – rövidzárat okozhat**

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



**Híányos pasztalenyomat – nyitott kötést okozhat**

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



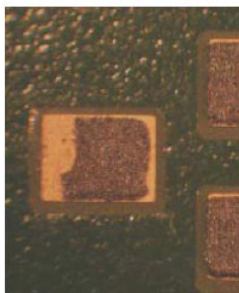
**„Kutyafül” effektus – rövidzárat okozhat a finom raszter-osztású alkatrészek kivezetései között**

- 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

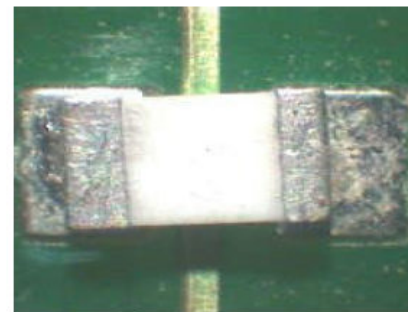
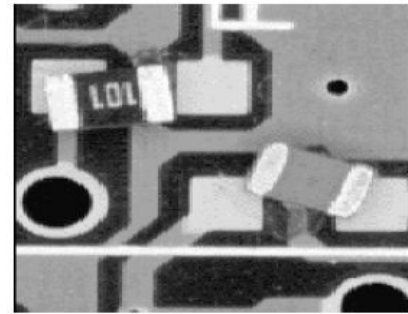
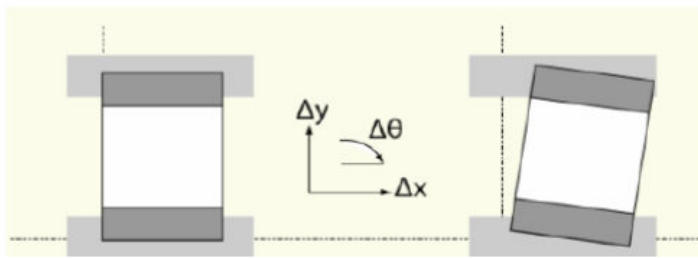


**Részleges paszta lenyomat – nyitott kötést okozhat**

- 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, [ $\mu\text{m}$ ]

Repeatability – pozícióhiba szórása [ $\sigma$ ]

### 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%

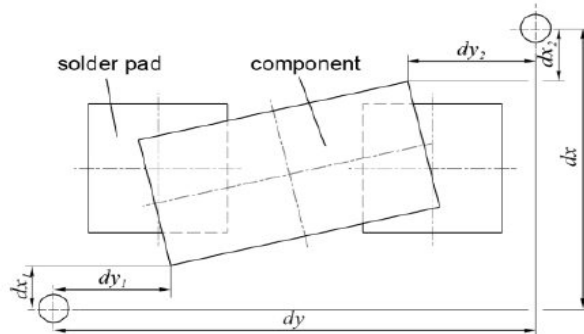


**3/3.** Ismertesse a beültetőgépek beültetési hibájának meghatározására szolgáló globális és lokális mérési elvet!

**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:

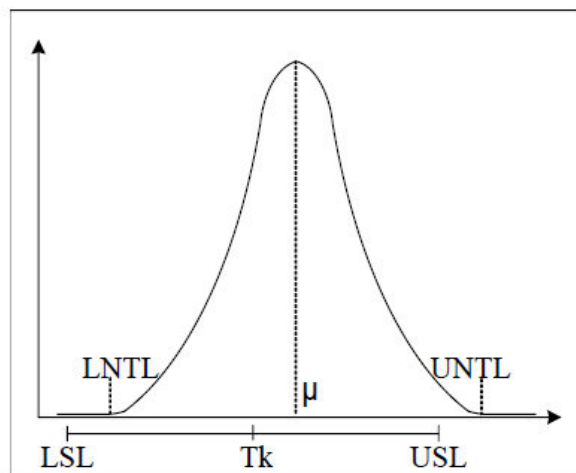
$$C_p = \frac{USL - LSL}{2k\sigma}$$

$USL$  – Upper specification limit  
felső elfogadási határ

$LSL$  – Lower specification limit  
alsó elfogadási határ

$k=3$  folyamatképesség esetén

$k=4$  gépképesség esetén

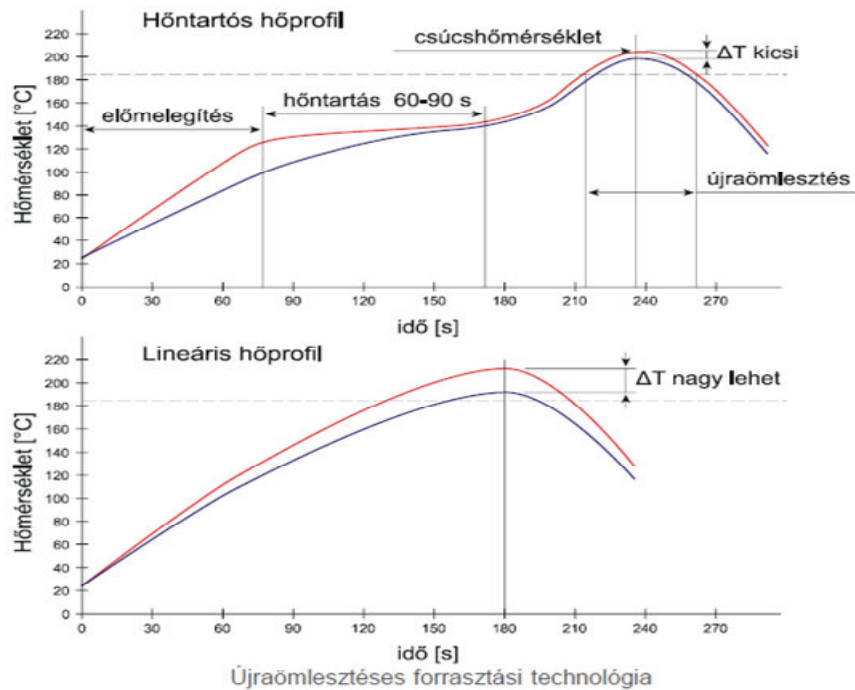


Korrigált folyamatképességi index:

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

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

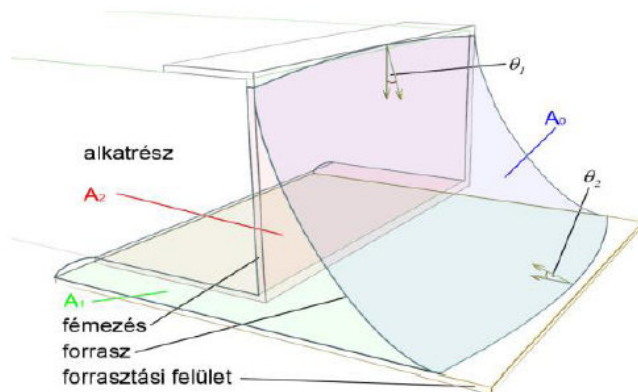
**4/1.** Ismertesse a hőntartós és a lineáris hőprofil, azok tulajdonságait, előnyeit, hátrányait! Számolja ki a  $Q_\eta$  tényezőt, ha az olvadáspont felett töltött idő 60 másodperc, a forrasz olvadáspontja  $220\text{ }^\circ\text{C}$ , a csúcshőmérséklet  $240\text{ }^\circ\text{C}$ , a fűtési gradiens 2, míg a hűtési gradiens  $4\text{ }^\circ\text{C/s}$ !



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

**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!

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



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

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

**Újraömlesztéses forrasztás nem megfelelő hőprofilja**

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



**Hőntartás:**

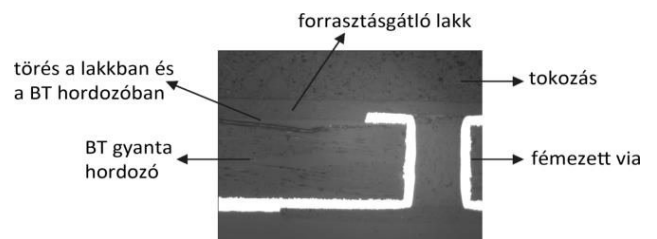
- alacsony – folyasztószer nem tisztítja a kontaktusfelületet – rossz nedvesítés,  
 - magas – a forraszpaszta jobban oxidálódik – rossz nedvesítés,  
 - rövid – nagy lehet a hőmérséklet-különbség az alkatrészek között a csúcshőmérsékleti szakaszon – hideg kötés  
 - hosszú – hosszabb ciklusidő, kisebb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

Hogyan érdemes rögzíteni a hőelemeket a BGA tokozású alkatrészek kivezetéseire?

	Min Temp	Max Temp	Min Time	Min Temp
maximal	233.0	234.7	20.8	0.061.1
min. max	228.0	230.0	0.0	0.000.1
aktív	228.5	233.8	20.8	0.061.1
min. max	227.0	229.2	0.0	0.000.1

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 újraömllesztési 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:

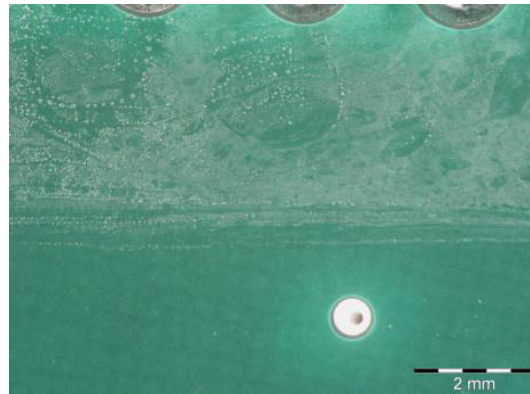
- keretes szelektív hullámforrasztás
- bélyeges forrasztás
- kéményes szelektív hullámforrasztás

**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 forrasztóhullámot állítunk elő. Ezt a pontszerű forrasztóhullámot a forrasztási helyek alá pozícionálva, kivezetőnként létrehozunk a forrasztott kötések. Előzetesen a folyasztószer felvitele és az előmelegítés történhet ugyanabban a berendezésben.