

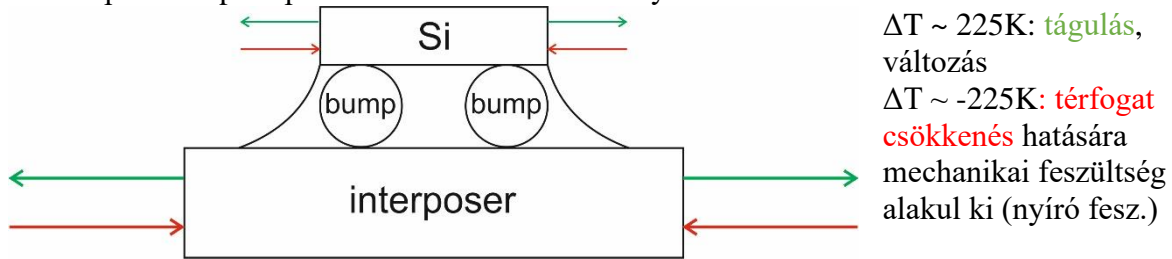
# EGYM Ellenőrző kérdések

## 1. Nyomtatott huzalozású lemezek mintázatkialakításának tervezési irányelvei

1. Definiálja a hőtágulási együttható és az üvegesedési hőmérséklet fogalmát áramköri hordozók esetére.

Hőtágulási együttható: (CTE – Coefficient of Thermal Expansion)

- lineáris:  $\alpha = \frac{l-l_0}{l_0} \cdot \frac{1}{\Delta T}$
- térfogati:  $\alpha = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)$
- mértékegység: [ppm/K]  $\approx [10^{-6}/K]$
- Hőtágulásnak nevezzük azt a fizikai jelenséget, amikor valamely anyag a hőmérsékletének változásával megváltoztatja a méretét.
- példa: flip-chip: aktív felületével lefelé helyezük a hordozóra

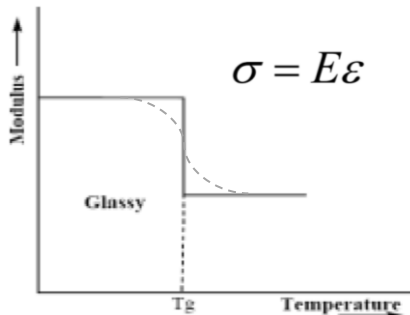


- epoxi alapú hordozó: 12-20 ppm/K
- Si: 2-3 ppm/K
- $Al_2O_3$ : 5-6 ppm/K (kerámia alapú hordozó)

	Nyomtatott huzalozású lemez	Üveg kerámia (LTCC)	Kerámia (HTCC)	Vékonyréteg
CTE	12-25 ppm/°C	3-8 ppm/°C	8 ppm/°C	3-7,5 ppm/°C

Üvegesedési hőmérséklet:

A  $T_g$  üvegesedési hőmérséklet (glass transition temperature) az a hőmérséklet, melynél az *amorf* szilárd testek, mint pl. üvegek, *polimerek* anyagi tulajdonságai nagy mértékben változnak: rugalmasság, térfogat, Young modulus, százalékos megnyúlás mértéke törésig



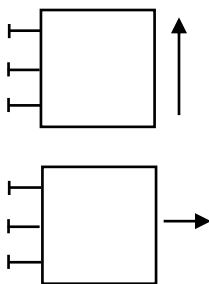
$\varepsilon$  – relatív megnyúlás, deformáció

$\sigma$  – feszültség

$E$  – Young modulus

$\rightarrow \varepsilon = \sigma/E$

- A feszültséget önmagában a lemez önsúlya és a rászertelt alkatrészek súlya okozza
  - Out-of plane strain (deformáció): függőleges behajlás



- In plane strain: síkban

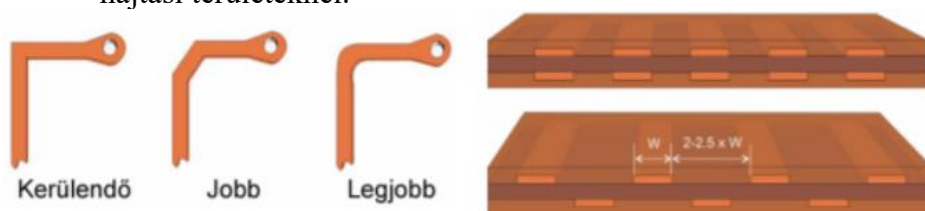
- maradó alakváltozás pozicionálási hibákat eredményezhet (leginkább stencilnyomtatásnál)
- BT (bizmaleimid-triazin): drágább, mint az FR4 (üvegszálalás epoxi), de jobb tulajdonságokkal rendelkezik:  $CTE < 15 \text{ ppm/K}$ ,  $T_g > 200^\circ\text{C}$ ; BGA tokozású alkatrészek interposzerének használják

## 2. Ismertesse a nyomtatott huzalozású hordozók mintázatának kialakítási alapelveit, ismertesse a szerelhetőre tervezés alapjait.

- Az alkatrész forrszemek, pad-ek, csatlakozó felületek a technológiának és alkatrésznek megfelelő raszterben tervezendők (hagyományosan 2,54; SMT 1,27, v. kisebb.).
- Furatszerelt alkatrészek egy oldalon, SMT mindkettőn elhelyezkedhet
- Fésűszerű táp-föld hozzávezetés, többretegűnél a belső rétegek táp-föld fólia kialakítása.
- Indokolatlan nagy, összefüggő felületek kerülendők (forrasztáskor hőelvonók → hidegforrasztás, sírkőeffektus).
- A huzalozás tervezésénél az éles sarkok, csúcsok kerülendők.

Hajlékony hordozón:

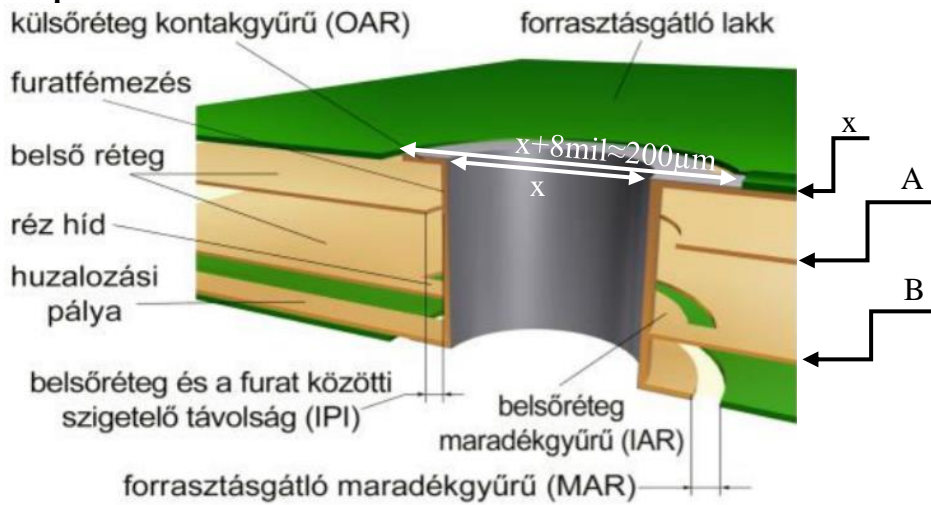
- a huzalozás irányváltásának szöge kisebb legyen, mint  $90^\circ$ , mert a maratószer bent maradhat az éles sarkokban, ezzel csökkentve a vezeték keresztmetszetét.
- nagyfrekvenciás alkalmazások miatt is ajánlott a lekerekített sarok, mert kisebb a reflexió, mint a sarkos kivitelnél.
- Több rétegű huzalozás esetén az egymás felett húzott vezetőket kerülni kell a hajlítási-hajtási területeknél.



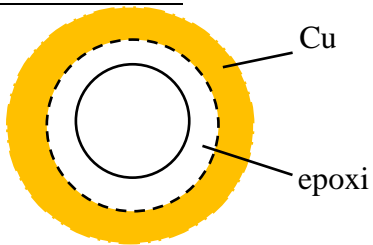
Design for assembly (szerelhetőre tervezés)

- Csökkentsük az alkatrészek számát a funkciók integrálásával.
- Ne tessünk el fontos alkatrészeket (IC-eket).
- Az alkatrészek közé tervezzünk elegendő távolságot, azért, hogy könnyen be lehessen ültetni. (Főleg kéziszerelés esetén)
- A szerelést végző berendezések között szállítószalagok továbbítják a hordozót, ezért ne tervezzünk alkatrészt túl közel a hordozó széléhez.
- Két alkatrész rajzolatát ne tervezzük túl közel a rövidzár veszélye miatt.
- A polaritással rendelkező alkatrészek lehetőleg azonos irányban álljanak.
- A forraszpaszta felvitelére szolgáló stencilt úgy tervezzük, hogy a lehető legjobban megelőzze a forrasztási hibák kialakulását (forraszhíd, forraszgolyó-képződés).

**3. Részletesen mutasson be rajzokkal egy furatszerelésre alkalmas 4 rétegű szerelőlemez felépítését.**

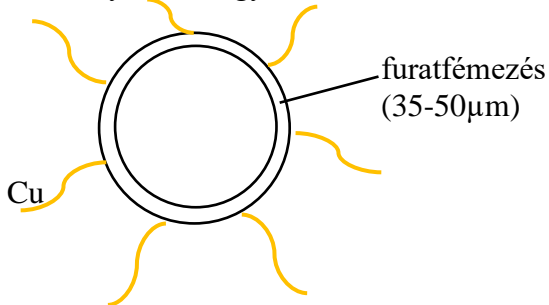


A-A síkmetszet:

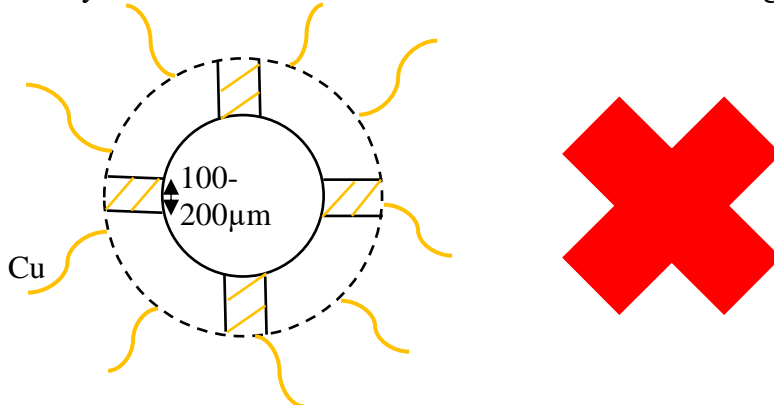


B-B síkmetszet:

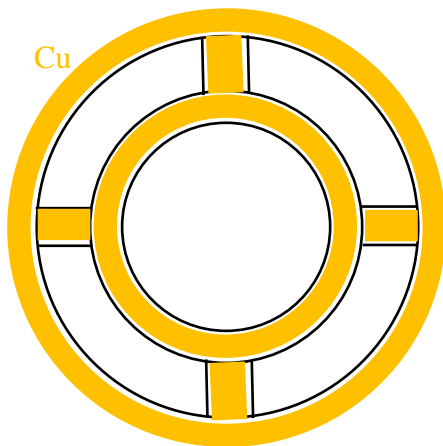
1. helytelen: nagy hőelvonás



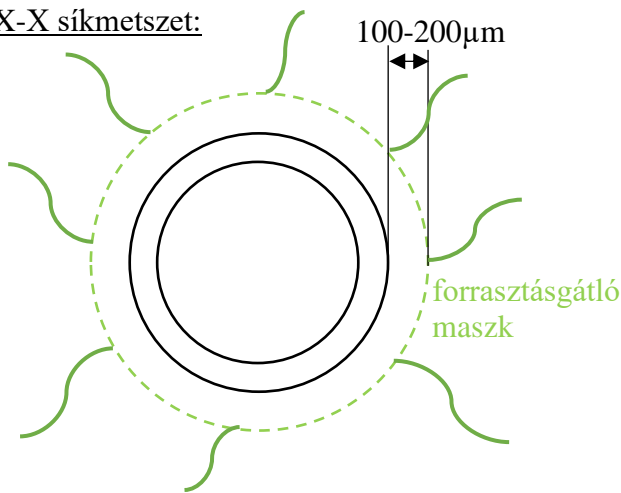
2. helytelen: 90°-os csatlakozás miatt mechanikai feszültség szempontjából kritikus hely



### 3. helyes: plusz gyűrű a furatfémzés köré



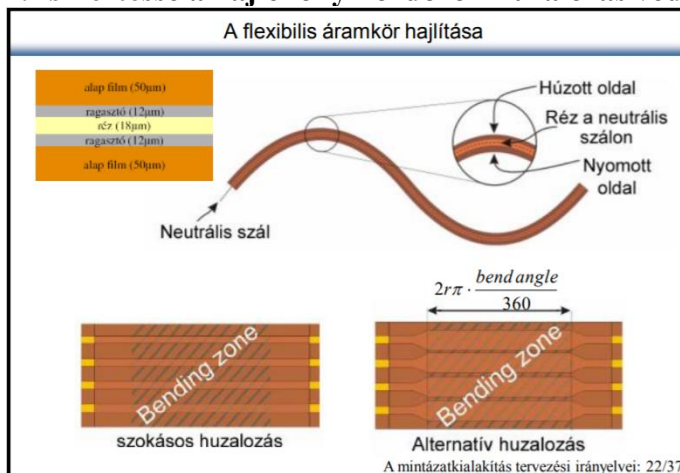
X-X síkmetszet:



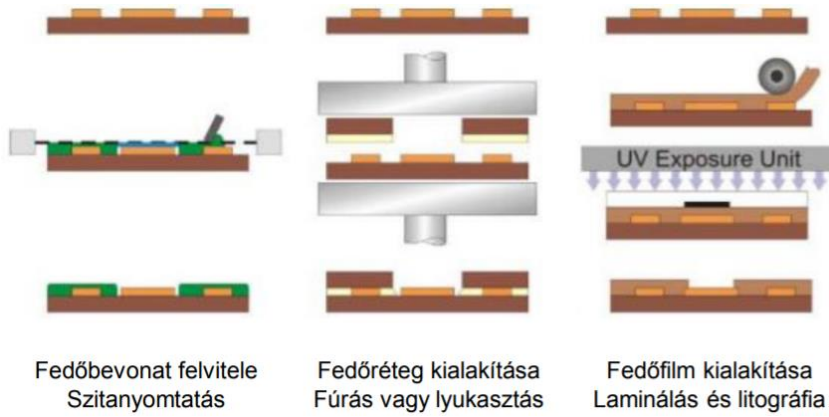
Átmérő:

- kézi forrasztás:  $\geq 1\text{mm}$
- hullámforrasztás:  $\sim 500\mu\text{m}$
- pin-in-place technológia:  $\sim 250\mu\text{m}$

### 4. Ismertesse a hajlékony hordozók huzalozás védelmének lehetőségeit

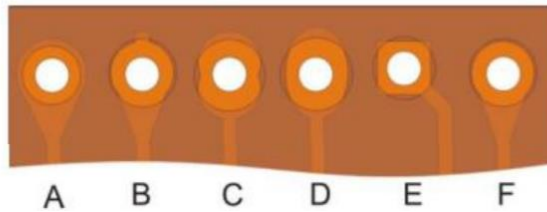
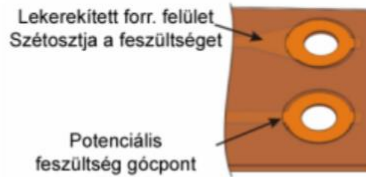
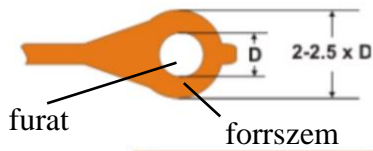


Ha villamos szempontból lehetséges és van hely, vastagítsuk meg a huzalokat a hajlítási helyeken → kisebb eséllyel válik el.

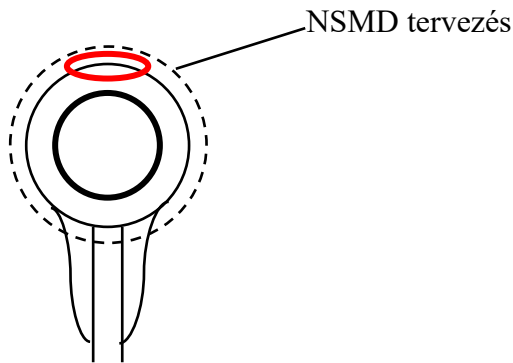


**5. Mutassa be a forrasztási felületek és azok csatlakozásainak tervezési irányelveit hajlékony hordozójú áramkörök esetére**

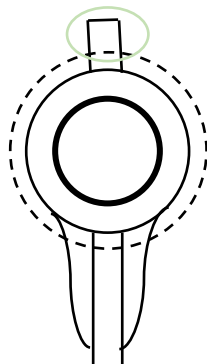
A furat átmérőjéhez képest 2-2,5x nagyobb átmérőjű forrasztási felület ajánlott különösen az egyoldalas áramkörök esetén.



Hajlékony hordozó problémái: rézréteg rossz tapadása, hajlítgatásra elszakadhat a réz **F**: ahol vége van a réznek, nagy eséllyel válik el.



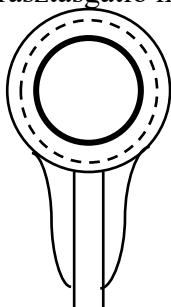
**B**: a réz belóg a forrasztásgátló maszk alá, nem válik le



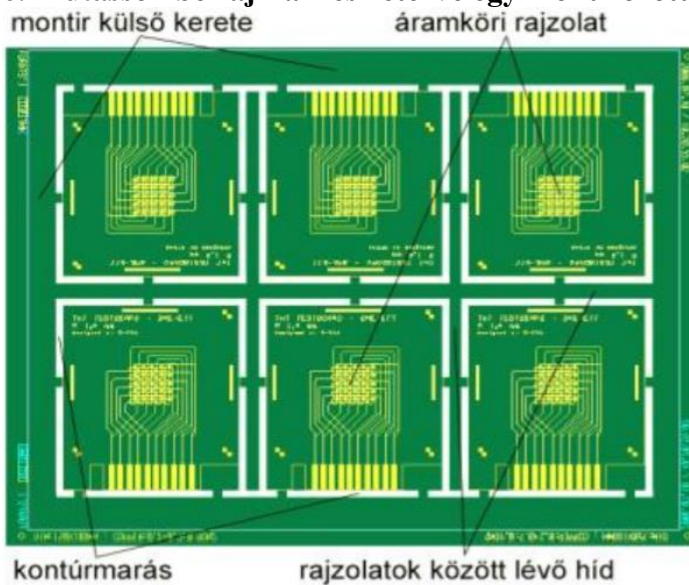
**E:** négyzet alakú pad-re kör alakú forrasztásgátló ablakot tervezünk → sarkok belógnak a maszk alá, jobb a tapadás



**A:** a forrasztásgátló maszk ablakát kisebbre tervezem, mint a pad-et



**6. Mutasson be rajzzal részletezve egy montírozott áramkört.**



A gyártásnál egyszerre szereljük őket, csak a legvégén történik a darabolás.

Montír/panelised/nutzen/darabolás

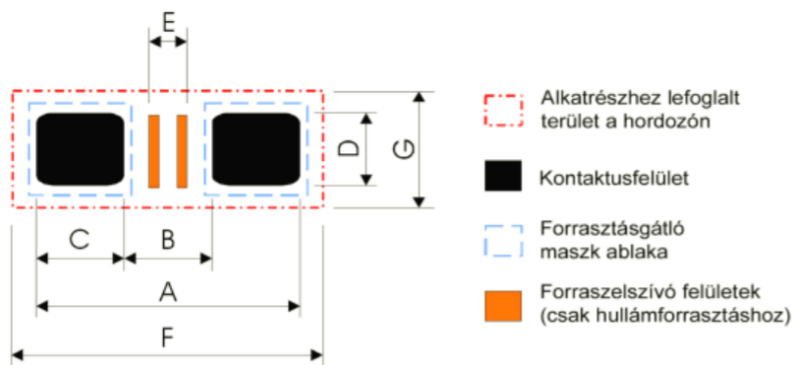
montír\tulajdonság	<i>bonyolultság</i>	<i>stabilitás szereléskor</i>	<i>daraboláskor mechanikai feszültség</i>	(megjegyzés)
<i>kitörhető fűlek</i>	egyszerű	rossz	nagyon nagy (kézzel törjük ki)	(ábrán is ez van)
<i>ritzelés</i>	egyszerű	közepes	nagyon nagy	(sok-sok furatot teszünk egymás után)
<i>körkéses darabolás</i>	közepes	jó	közepes	(mint egy csempevágó, nem igényel előkészületet a



				végleges áramkör szélén)
<b>utólagos kontúrmarás</b>	bonyolult	jó	alacsony	(karbantartás, beprogramozás miatt bonyolult, -  -, nagy megbízhatóságú elektronikánál esztétikus)

### 7. Mutasson be rajzzal részletezve egy felületszerelt, chipméretű diszkrét passzív alkatrészhez alkalmas szerelőlemez-rajzolatot.

Chip méretű SM alkatrészek (ellenállás, kondenzátor, dióda)



### 8. Ismertesse az illesztést segítő ábrák (fiducial) tervezési irányelveit.

Automata berendezések végzik a műveletet referenciapontok alapján. Pozícionálást segítő ábrák használatosak arra, hogy a szerelés fázisaiban a hordozó pozícionálását a lehető a legpontosabban lehessen elvégezni (pl. hordozó pozícionálása stencilhez, illetve az alkatrészek elhelyezésénél a koordináta tengely 0,0 pontjának meghatározása).

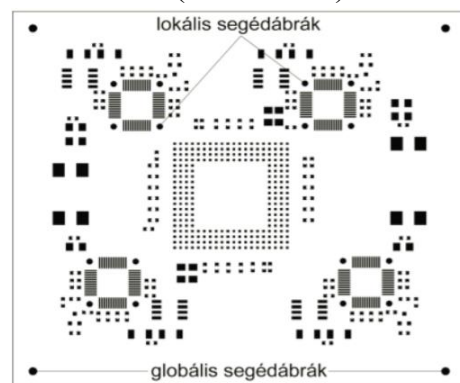
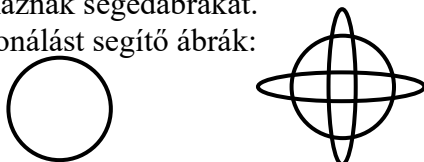
A segéd ábrákat szintén a rézrétegre kell tervezni, nem szabad forrasztásgátló lakkal takarni a nagyobb kontraszt érdekében (önmagában nincs akkora hibája).

- 1 ábra → origó megtalálása (0;0)
- 2 ábra → origó (0;0) és szöghiba korrekció
- 3 ábra → origó, szöghiba korrekció és nemlineáris torzulások (kis mértékű) korrigálása (mely származhat rajzolatkészítésnél az előhívó film torzulásából, anyagminőség miatt)

- 4 ábra → ezek és az operátor boldog

Megkülönböztetünk globális és lokális segédábrákat (global and local fiducials). Ezenkívül montirozott áramkörök esetén még a montir keretén is alkalmaznak segédábrákat.

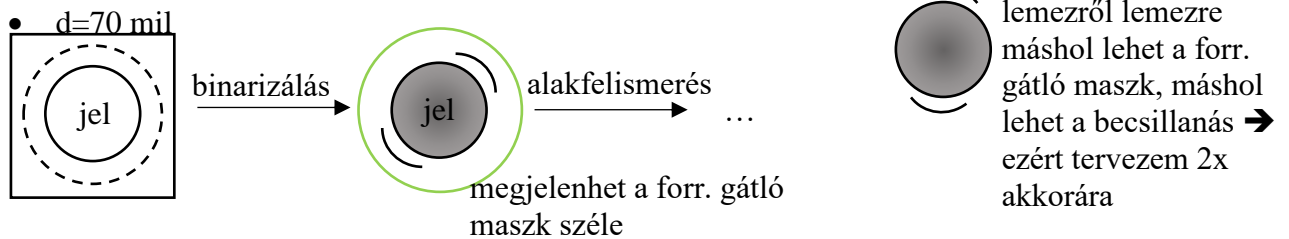
Pozícionálást segítő ábrák:



Globális jelek: az áramkör 4 sarkában

- Legalább három globális segédábra alkalmazása ajánlott, a hordozó lehető legtávolabbi pontjain, annak érdekében, hogy korrigálva legyen az összes nemlineáris torzulás (X-Y nyúlás, X-Y méreteltérés, csavarodás).
- A hordozó mindkét oldalára szükséges segédábra, amennyiben az áramkör kétoldalas.

- A globális segédábrák legalább 5 mm-re legyenek a hordozó szélétől.
- A segédábra minimális átmérője 1 mm, toleranciája 25  $\mu\text{m}$ , a maximális átmérője 3 mm.
- A forrasztásgátló maradékgyűrű minimális átmérője a segédábra átmérőjének a kétszerese, ajánlott a segédábra átmérőjének háromszorosa.
- A maradékgyűrű alatt a belső rétegeken lévő huzalozás megzavarhatja a pozicionálást, mert az is látható a kamerával.



**Lokális jelek:** finom raszterosztású alkatrészekhez  $\rightarrow$  akkor van értelme, ha a beültető automata tudja kezelni

- Lokális segédábrákat kell alkalmazni azoknál az IC-knél, amelyeknek raszter-osztása kevesebb, mint 0,63 mm.
- Legalább két segédábrát kell alkalmazni az alkatrész két átellenes sarkában.
- A segédábra minimális átmérője 1 mm, toleranciája 25  $\mu\text{m}$ .
- A forrasztásgátló maradékgyűrű ajánlott átmérője a segédábra átmérőjének a kétszerese, minimum 2 mm.
- A maradékgyűrű alatt a belső rétegeken lévő huzalozás megzavarhatja a pozicionálást, mert az is látható a kamerával.



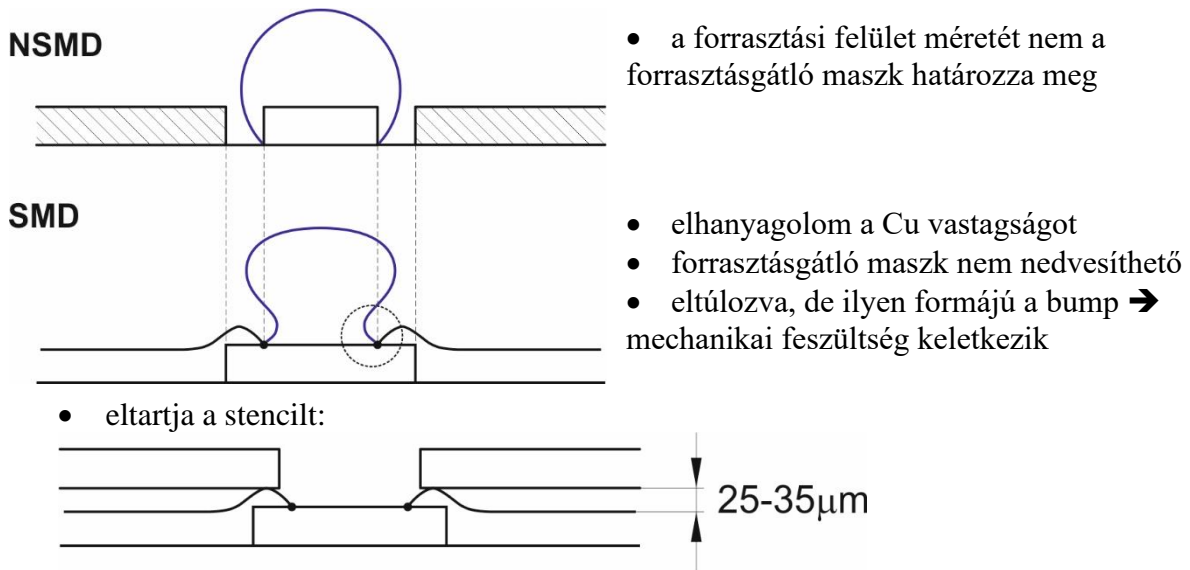
(A flexibilis áramkörök mérete kevésbé stabil, ezért több referencia jel alkalmazása, illetve nagyobb tűrések használata javasolt.)

## 9. Ismertesse az SMD (Solder Mask Defined) és az NSDM (Non Solder Mask Defined) forrasztásgátló kialakítási módokat.

**SMD (Solder Mask Defined):**

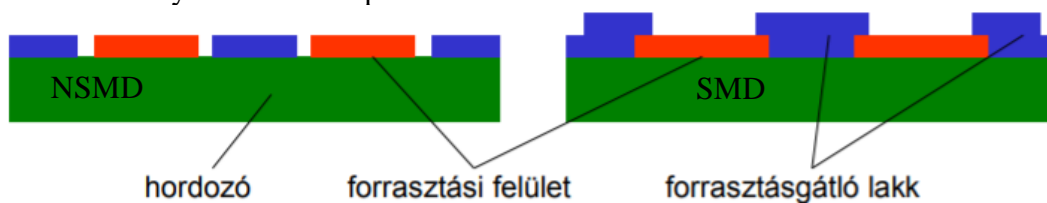
- A forrasztásgátló határozza meg a forrasztási felület méretét
- Nagyobb a forrasztási felület tapadása a hordozóhoz
- Nagyobb a forrasztott kötésben kialakuló mechanikai feszültség
- előny: jobb Cu tapadás
- hátrány: nagyobb mechanikai feszültség a kötésben
- leginkább BGA alkatrészeknél használják





NSMD (Non Solder Mask Defined): u

- Nem a forrasztásgátló határozza meg a forrasztási felület méretét
- Kisebb a forrasztási felület tapadása a hordozóhoz
- Kisebb a forrasztott kötésben kialakuló mechanikai feszültség
- előny: kisebb mechanikai feszültség
- hátrány: kisebb Cu tapadás



## 2. Stencilek tervezési irányelvei, Pin-in-paste technológia

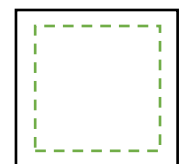
**Ismertesse a három legelterjedtebb stencilkészítési technológiát!**

technológiák	minőség	anyag	ára	kialakítás	raszter osztás	alkalmazás
kémiai maratás	↓	sárga réz, bronz	10k (méretfüggő)	szubtraktív	$\geq 0805$ $> 0,63$	laborban prototipizálás
lézervágás		rozsdamentes acél, nikkel	100k (apertúra szám)	szubtraktív	$\geq 0201$ $> 0,4$	általános ipari, autótéchnika
galvanoplasztika		nikkel	300k-tól (fólia vastagság)	additív	$< 0201$ $< 0,4$	5G, IoT

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

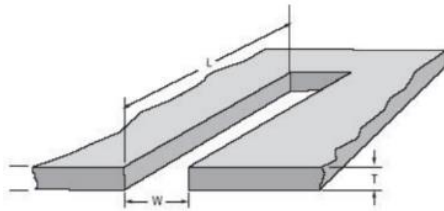
Apertúra redukció:

- szokásos mérték: 10% (lineáris méretek)
- kisebbre vágjuk az apertúrát, mint a kontaktusfelületet → pozícióhiba esetén is a kontaktusfelületre kerül a forraszpaszta



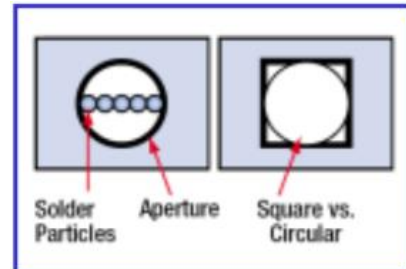
**Fóliavastagság meghatározása:**

optimális fóliavastagság:  $t \leq \frac{w \cdot l}{2(w+l) \cdot 0,66}$



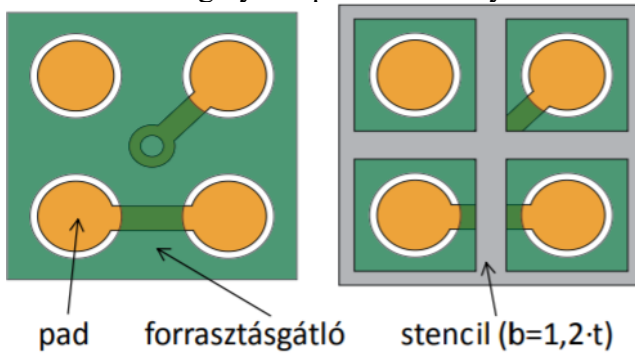
**PBGA tokozás:**

- Pad átmérővel egyező élhosszúságú apertúra
- Fóliavastagság a stenciltervezési szabályok szerint
- CSP – paszta szemcseátmérőre ügyelni kell
- úgy kell megválasztani a szemcseátmérőt, hogy a nagyobbikból 5 beférjen az apertúrába



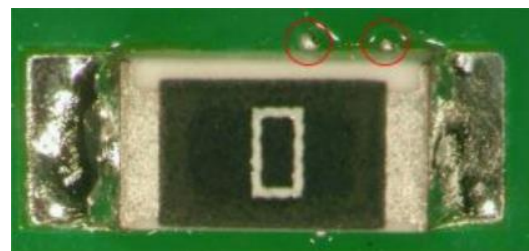
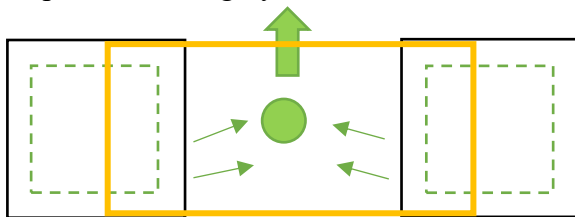
**CBGA tokozás:**

- Túlnyomtatás szükséges
- Minimum híd: 1,2 · fóliavastagság
- Forraszgolyó-képződés veszélye

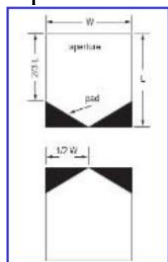


**Ismertesse a forraszgolyó-képződés hibamechanizmusát és mutasson be apertúraterveket ennek kiküszöbölésére!**

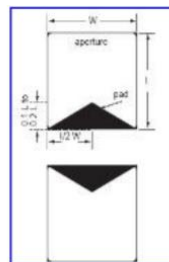
Az alkatrész teste bekényszerít pasztát középre, de a forrasztásgátló maszk nem nedvesíthető → a paszta forraszgolyóvá állhat össze és „kimehet” (solder-balling, solder-beading)



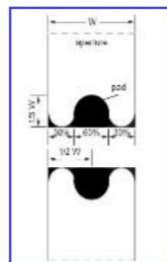
**Apertúrák:**



1. Home-plate



2. Inverz home-plate



3. Lekerekített inverz home-plate

1. Home-plate:

- hátrány: megnő a sírkőeffektus veszélye (pl: ha offsetesen ültetjük be az alkatrészt)

2. Inverz home-plate:

- hátrány: az éles saroknál beragadhat a forraszpaszta
- sűrűn használják az iparban

3. Lekerekített inverz home-plate: (RIHP)

- MELF alkatrészekhez használják (diódák, henger alakú dolgok)

**Ismertesse a stenciltervezési eljárást Pin-in-paste technológiához, valamint a szükséges furatkitöltés százalékos értékének meghatározási eljárását.**

1. stencil vastagság meghatározása:  $t \leq \frac{w \cdot l}{2(w+l) \cdot 0,66}$       ← a legfinomabb raszterosztású alkatrészhez tartozó apertúra lineáris mérete

2. TH ← túlnyomtatás (apertúra > forrasztási felület)

$V_{ap\_TH}$  ← furatszerelt alkatrészhez szükséges apertúra

3. szükséges forraszpaszta mennyisége adott alkatrészhez:  $V_{p\_sz}$

4. furatba kerülő paszta:  $V_{p\_f} = V_{p\_sz} - V_{ap\_TH}$

5. százalékos érték meghatározása:  $V_{p\_f}[\%] = V_{p\_f} / V_f \sim 30-50\%$  tipikusan

A szükséges furatkitöltés mértéke

1. Legfinomabb raszterosztású alkatrész megkeresése
2. Stencilfólia vastagságának meghatározása
3. Furatszerelt alkatrészhez szükséges forraszpaszta-mennyiség meghatározása
4. Apertúra tervezése furatszerelt alkatrészhez túlnyomtatást figyelembevéve
5. Furatszerelt alkatrészhez tartozó apertúra térfogatának meghatározása
6. Furatba juttatandó paszta mennyiség meghatározása
7. Furatkitöltés százalékos értékének meghatározása

$$t \leq \frac{w \cdot l}{2(w+l) \cdot 0,66}$$

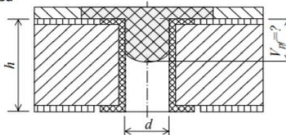
$$V_{paszta} = (1/S)(V_{furat} - V_{alk\_kivezetés} + 2V_{menizsak})$$

$$V_{apertúra} = w \cdot l \cdot t$$

$$V_{pf} = V_{paszta} - V_{apertúra}$$

$$V_{pf}(\%) = \frac{V_{pf}}{V_{furat}}$$

8. A stencilnyomtatási folyamatparamétereinek optimalizálása a  $V_{pf}(\%)$  eléréséhez



**Ismertesse Pin-in-paste technológia esetére a felvitt forraszpaszta mennyiségének növelésének, csökkentésének lehetőségeit, valamint az alsó- és felsőoldali forraszpaszta részek forrasztás közbeni összeolvadásának feltételét.**

Mikor meghaladja -> csökkenteni kell:

1. Keresztes apertúrák alkalmazása

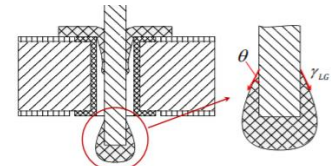
Mikor kevesebb -> növelni kell:

1. túlnyomtatás, default
2. lépcsős stencilék
3. nyomtatás két lépésben
4. előformázott forrasz

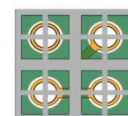
Összeolvadás feltétele:

- gravitáció:  $F_g = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g$
- felületi feszültség:  $F_\gamma = \gamma \cdot 2\pi \cdot r \cdot \cos(\theta)$        $\gamma = [J/m^2] = [N/M]$
- $F_g \ll F_\gamma$

Összeolvadás feltétele:



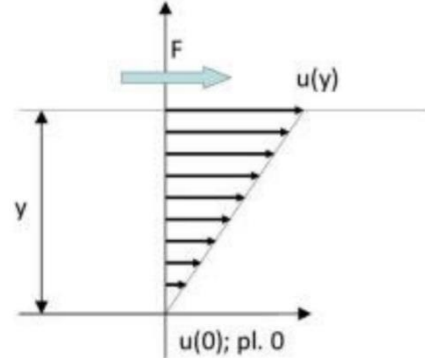
Keresztes kitalart apertúrák:



### 3. Forraszpaszták reológiai tulajdonságai, stencilnyomtatás folyamata

Ismertesse a viszkozitás fogalmát, a nem-newtoni közegek viszkozitási jellemzőit, valamint a forraszpaszták viszkozitási jelleggörbéjét leíró Cross modellt!

A viszkozitás, más elnevezéssel a belső súrlódás egy gáz vagy folyadék (fluid, közeg) belső ellenállásának mértéke a csúsztató feszültséggel szemben. Az áramlással szembeni ellenállást a molekulák közötti kölcsönhatások okozzák.



Dinamikai viszkozitás:

$$F = \eta A \frac{du}{dy} \text{ (Newton törvény)} \rightarrow \tau = \eta \frac{du}{dy} \rightarrow \eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \text{ [Pa}\cdot\text{s]}$$

Csúsztató (nyíró) feszültség:

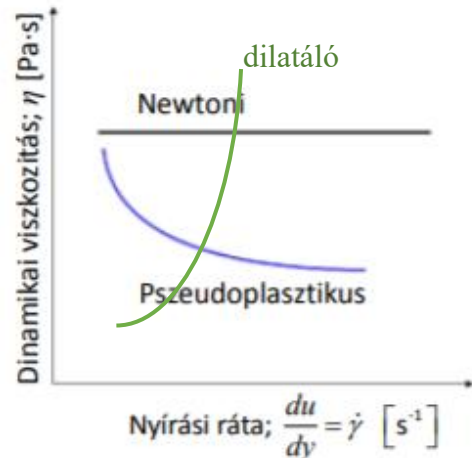
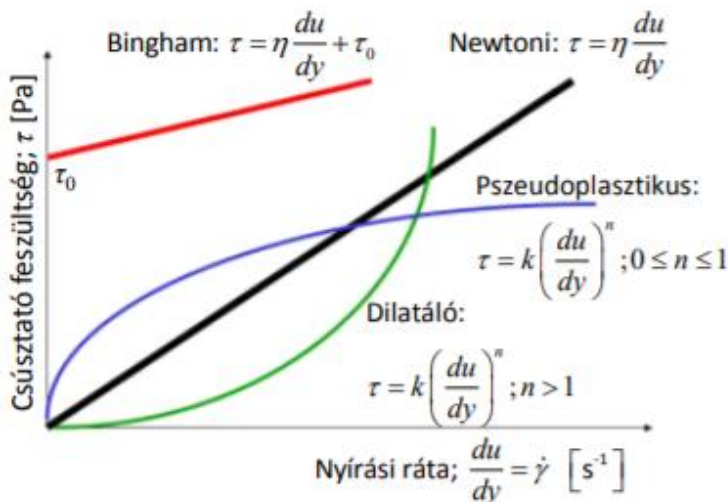
$$\tau = \frac{F}{A} \text{ [Pa]}$$

Nyírási ráta (sebességgradiens):

$$\dot{\gamma} = \frac{du}{dy} \left[ \frac{1}{s} \right]$$

Kinematikai viszkozitás:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}, \text{ ahol } \rho \text{ a folyadék sűrűsége}$$



**Cross model:**

$$\eta_a = \eta_\infty + \frac{\eta_0 - \eta_\infty}{1 + (K \dot{\gamma})^m}$$

$\eta_a$  – látszólagos viszkozitás [Pa·s]

$\eta_0$  – nulla nyírási sebességnél mutatott viszkozitás [Pa·s]

$\eta_\infty$  – végtelen nyírási sebességnél mutatott viszkozitás [Pa·s]

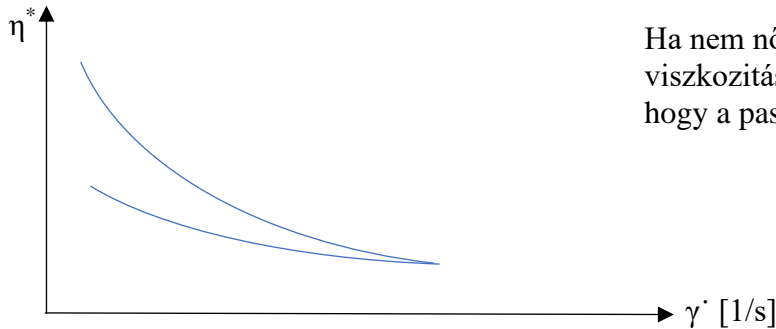
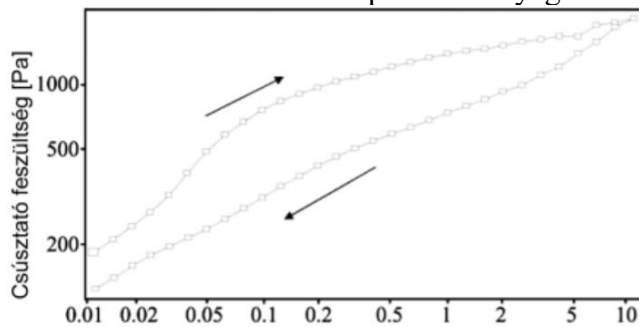
$K$  – időállandó [s]

Ismertesse a forraszpaszták reológiai tulajdonságait, mint tixotrópia, tapadósság (tackiness)!

Tixotrópia:

Laza szerkezetű géleknél, szuszpenzióknál a növekvő, majd csökkenő sebességgradienseknél mért nyírófeszültség hiszterézist mutat. A hiszterézis területe a felmenő görbe alatti terület és

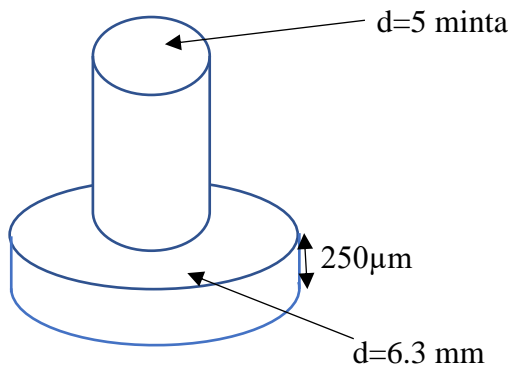
a lemenő görbe alatti terület különbsége. Pozitív hiszterézis terület esetén tixotróp, negatív hiszterézis terület esetén reopektikus anyagról beszélünk.



Ha nem nő kellő mértékben vissza a viszkozitás, akkor figyelhető meg, hogy a paszta „beesik” (slump).

Tapadósság (tackiness): (25-50g)

Amíg be nem forrasztjuk az alkatrészt, érik mechanikai behatások (pl: rázkódik a lemez a szalagon) → pasztának van tapadóssága, hogy addig a helyén tartja az alkatrészt.



$$\frac{25 - 50g}{\text{minta felülete}} = \text{tapadósság}$$

Tipikus tapadósság (tackiness) 25–50 g

IPC-TM-650 / 2.4.44

- Felvitt forraszpaszta  $\varnothing$  6,3 mm, vastagsága 250  $\mu\text{m}$
- Hőmérséklet 25 °C  $\pm$  2 °C, relatív páratartalom 50%  $\pm$  10% RH
- Bemerített minta  $\varnothing$  5,1 mm  $\pm$  0,13 mm -> minta felülete 24,4 mm<sup>2</sup>
- Kiemelés sebessége 40  $\mu\text{m/s}$   $\pm$  8  $\mu\text{m/s}$
- Tapadósság a kiemelésnél mért maximális erő
- Tehát a tapadósság 1–2 g/mm<sup>2</sup> -> 10–20 mN/mm<sup>2</sup>

**Ismertesse a stencilnyomatás lehúzási folyamatának analitikus modelljét – Riemer modell!**

### Navier-Stokes áramlási egyenlet egyszerűsítése:

- Összenyomhatatlan közeg
- A közeg sűrűsége állandó
- Lamináris áramlás
- A tehetetlenségi erők elhanyagolhatók a viszkozus erőkhöz képest ( $Re < 10^{-3}$ )
- Newtoni közeg

### Riemer modell:

$$P = \frac{1}{r} \left( \frac{2 \sin^2 \theta}{\theta^2 - \sin^2 \theta} \right) \eta v$$

$P$  – nyomás

$r$  – távolság a kés és a stencil találkozási pontjától

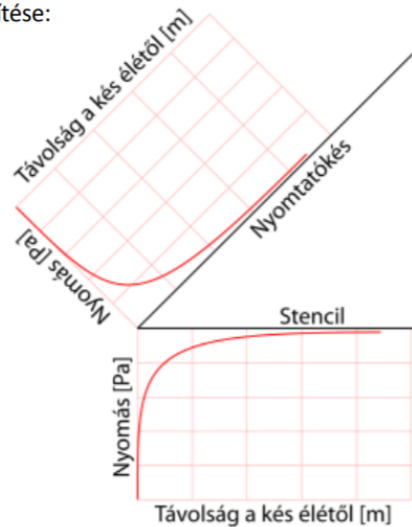
$\theta$  – terhelt késszög

$\eta$  – viszkozitás

$v$  – nyomtatási sebesség

### Terheletlen késszög

60°, 45° (akár 5° csökkenés terhelésre)



## Ismertesse a főbb stencilnyomtatási paramétereket és azok jellemző értékeit! Mutassa be az oszlopos és a dombormarotott alátámasztási rendszert!

### Sebesség:

- 30...200 mm/s, 30...70 mm/s finom raszter-osztás esetén
- akkor megfelelő, ha a paszta gördül a kés előtt (→ így a nyomás bekényszeríti az apertúrába)

### Késelő:

- 30...120 N, kiindulási érték: késhossz [cm] \* 3 = [N]
- úgy kell beállítani, hogy ne maradjon egybefüggő réteg

### Elválasztási sebesség:

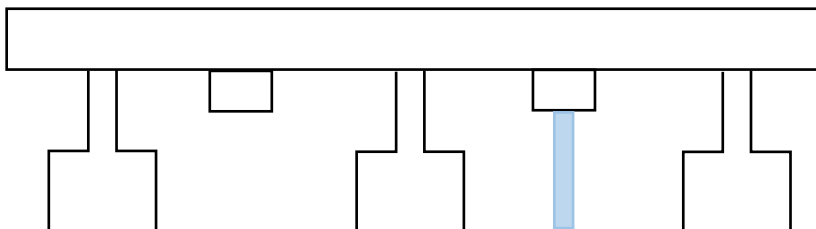
- 0,5...8 mm/s
- az elválasztásnál is ébred nyírási fesz → kellő módon le kell csökkennie a viszkozitásnak

### Stenciltisztítás:

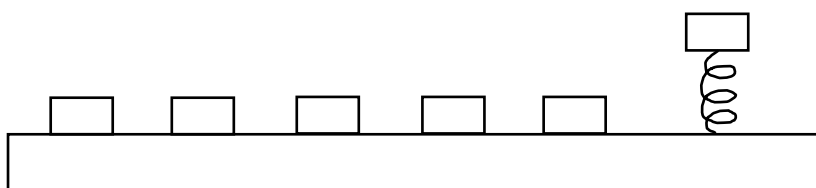
- 5-20 száraz törlőkendő, 10-20 nedves törlőkendő, vákuumos

### Alátámasztás:

- ha nyomokban ottmarad a stencilen a paszta, az az alátámasztás hibája
- Oszlopos:
  - előny: egyszerű elhelyezni
  - hátrány: inhomogén alátámasztás

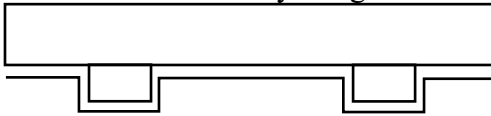


- modernbb rendszereknél **felülről** is óvatosan megtámasztják az alkatrészt
- Grid-lock: alátámasztási mátrix, rugó emeli ki





- Dombormaratott:
  - nagy volumenű gyártásnál
  - előny: homogén alátámasztás
  - hátrány: drágább



### Ismertesse a jellemző stencilnyomtatási hibákat és azok kiküszöbölési módjait!

**Nyomtatási hibák**

**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

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

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

**BMEETT** Stenciltervezés és stencilnyomtatás 13/17

tipikusan a forraszpasztta elkezd felépülni az apertúra sarkában és eltömíti → nyitott kötés alakul ki (nem kerül át elegendő forraszpasztta mennyiség)

pl nem tökéletesen illeszkedik a stencil, alámegy a paszta, odaszáradhat → 30% vagy akár több hibát is okozhat

**Nyomtatási hibák**

**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

**BMEETT** Stenciltervezés és stencilnyomtatás 14/17

← ha eltömődött az apertúra

stencilelválasztásnál meghúzza a forrasz szélét (beültetésnél sokkal jobban szétnyomja a pasztát → rövidzár lehet)



**Nyomatási hibák**



**Kráter alakú paszta lenyomat – 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

**BMEETT** Stenciltervezés és stencilnyomatás 15/17

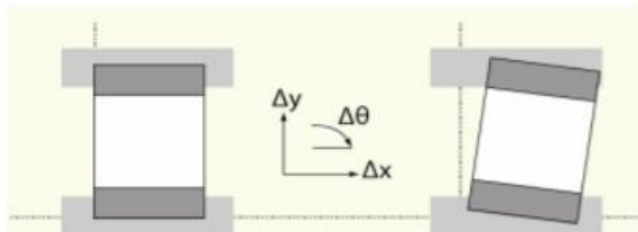
← túl nagy apertúra esetén (pl: DPAK tok típus FET, Exposed pad QFP, chip-on-board Si-chip). A kés benyomódhat és kikotorhat egy adag pasztát → megoldás: ~200µm-es szál az apertúrában

← teljes rész hiányzik a pasztából ← szinte minden esetben abból adódik, hogy szennyezett a hordozó

## 4. Alkatrészbeültetés

Ismertessen tipikus alkatrész-beültetési hibákat!

### BEÜLTETÉSI HIBÁK



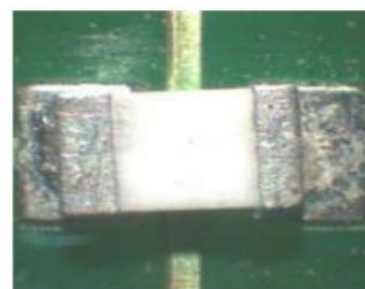
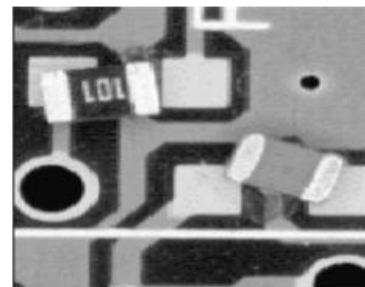
beültetési pontosság =  
 beültetőgép pontossága  
 + alkatrész méretének pontossága  
 + NYHL mintázatának pontossága

Accuracy – pozícióhiba, [µm]

Repeatability – pozícióhiba szórása [σ]

#### Egyéb hibák

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



Accuracy, repeatability ← függ:

- alkatrész mérethibája
- NYHL rajzolat hibája (leginkább az előhívó film torzulatából következhet)
- beültető hibája

Egyéb: billboard: szemből nézve az alkatrész az oldalán fekszik (a szalagban rezeghetnek, elfordulhatnak, ezért rosszul fogja meg a beültetőfej)

**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.), „single blind”

**Eredmények feldolgozása:**

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

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

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

← vizsgálja, alkalmas-e a mérőeszközünk

+ szekvencia véletlenszerű

← ne emlékezzenek az operátorok a mérésekre, ne befolyásolja

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

$$R\&R = \frac{\sigma^2_{ism} + \sigma^2_{rep}}{\sigma^2_{ism} + \sigma^2_{rep} + \sigma^2_{minta}}$$

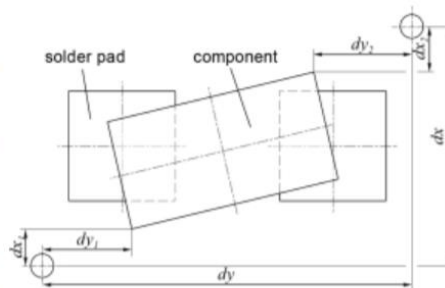
Feltételesen elfogadható esetben szét kell bontanunk, megnézni mi a domináns. Ha a mérőeszköznek alacsony, csak a személyek mértek különbözőt akkor van esély rá, hogy még elfogadható legyen.

**Ismertesse a beültetőgépek beültetési hibájának meghatározására szolgáló abszolút és relatív 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:** ±5°
- AOI vagy optikai mikroszkóp
- **Abszolút mérés:** a szerelőlemez négy sarkán kialakított, globális referencia-pontokhoz mérik az alkatrész sarkát, a mérési hibát befolyásolja a mérőeszköz
- **Relatív mérés:** az alkatrész köré elhelyezett, lokális referencia-pontokhoz mérik az alkatrész sarkát, a mérési hibát a rajzolatkészítés befolyásolja



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

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

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

A relatív mérést szokták alkalmazni, de NYHL-nek túl nagy a pozícióhibája ehhez. A vákuumtechnológias rajzolat üveghordozókon (króm maszkon keresztül) drága.

**Ismertesse a folyamatképességi index és a korrigált folyamatképességi index meghatározására szolgáló összefüggést. Melyek a képességi mutatók jellemző értékei, és milyen hibaráták tartoznak ezekhez.**

## GÉP-, FOLYAMATKÉPESSÉG

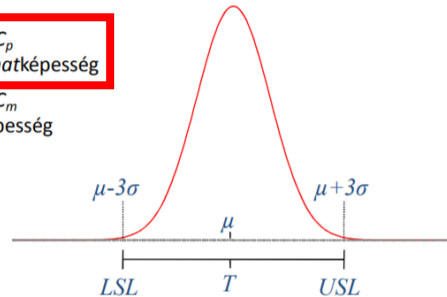
Alapértelmezés (ha a célérték megegyezik a gyártott tétel mért jellemzőjének átlagával  $\mu - T = 0$ ):

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

$C_p$ , folyamatkéesség	1 ( $s=3\sigma$ )	1.33 ( $s=4\sigma$ )	2 ( $s=6\sigma$ )
Hibaráta, PPM (középpontos)	2700	63	0,002

$C$  = capability kéesség  
 $FTH$  = USL felső tűréshatár  
 $ATH$  = LSL alsó tűréshatár  
 $\sigma$  = minta szórása  
 $\mu$  = minta átlaga  
 $T$  = target Gyártási célérték

$k=3 = C_p$  folyamatkéesség  
 $k=4 = C_m$  gépkéesség



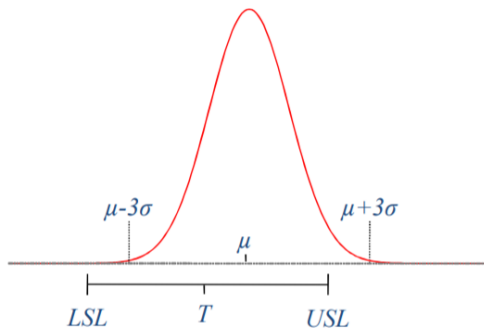
← akkor használjuk, ha nincs középérték eltérés (középponti eltolódás)

→ az intervallumot úgy kapjuk meg, hogy 3-mal szorozzuk Iparban tipikus elvárás 4 $\sigma$

## KORRIGÁLT KÉPESSÉGI INDEX

Ha a célérték nem feltételen egyezik meg a gyártott tétel mért jellemzőjének átlagával  $\mu - T \neq 0$ ) ezenkívül  $C_k \leq C$  mindig igaz:

$$C_{PU} = \frac{USL - \mu}{k \cdot \sigma}; \quad C_{PL} = \frac{\mu - LSL}{k \cdot \sigma}; \quad C_{PK} = \min(C_{PU}, C_{PL})$$



← már van offszet/középponti eltolódás

$$C_{pk,mk} \leq C_{p,m}$$

Alkatrész beültetésnél:  $USL=LSL=(\text{alkatrész rövidebb oldala})/4$

**Ismertesse a folyamatok stabilitásának fogalmát, mutasson példát képes és stabil, valamint nem képes és nem stabil folyamatok sűrűségfüggvényére.**

### STABILITÁS

- **Stabilitás:** azt mutatja meg, hogy a gyártás mennyire egyenletesen produkálja a  $C_{MK}$  vagy  $C_{PK}$  értékeket.
- $C_{MK}$  vagy  $C_{PK}$  értékeket nem elég csak egyszer megmérni, a folyamatokat, kiugró értékeket, trendeket folyamatosan meg kell figyelni!

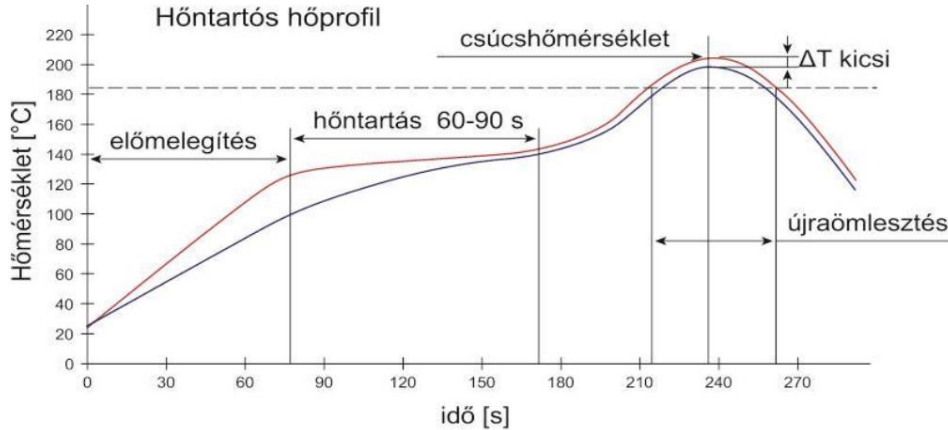
		STABIL?	
		igen	nem
KÉPES?	igen		
	nem		

## **5. Újraömllesztéses forrasztási technológia, szelektív hullámforrasztási technológiák**

**Ismertesse a hőntartós és a lineáris hőprofil, azok tulajdonságait, előnyeit, hátrányait!**

**Definiálja a  $Q_{\eta}$  tényezőt!**

Hőntartós hőprofil:



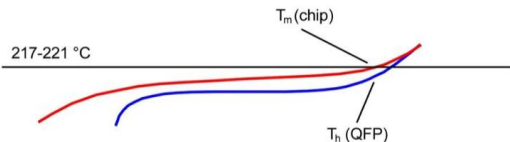
- komplex, nagy hőkapacitású szerelvények esetén

- előny:

- a hőntartási szakaszon (lassú melegítési szakaszon) a kis-és nagy hőkapacitású alkatrészek hőmérsékletei ki tudnak egyenlítődni → csúcshőmérsékletnél jelentkező  $\Delta T$  hőmérsékleti eltérés (legmelegebb alkatrész–leghidegebb alkatrész) minimalizálható (ipari szabvány:  $<5^{\circ}\text{C}$ )
- alkatrészek kivezetése egyenletesen melegednek → közel azonos időpontban lépik át a forrasz olvadáspontját

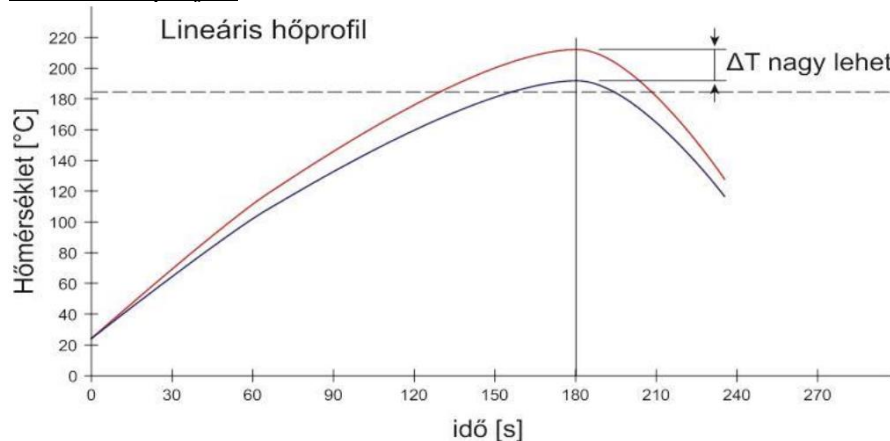
- hátrány:

- hosszabb hőprofil
- kisebb termelékenység



(hőntartós hőprofil, kényszerkonvenció hőközlés)

Lineáris hőprofil:



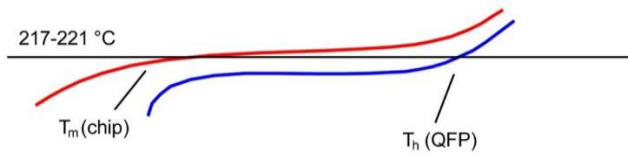
- egyszerű, hőkapacitás szempontjából azonos alkatrészek esetén

- előny:

- gyorsabb hőprofil (hőntartási szakasz kihagyása miatt)
- nagyobb termelékenység

- hátrány:

- nincs hőmérsékletkiegyenlítés →  $\Delta T$  nagy lehet
- a kivezetők különböző időpontban lépik át az olvadáspontot → sírkőeffektus, elcsúszhat az alkatrész

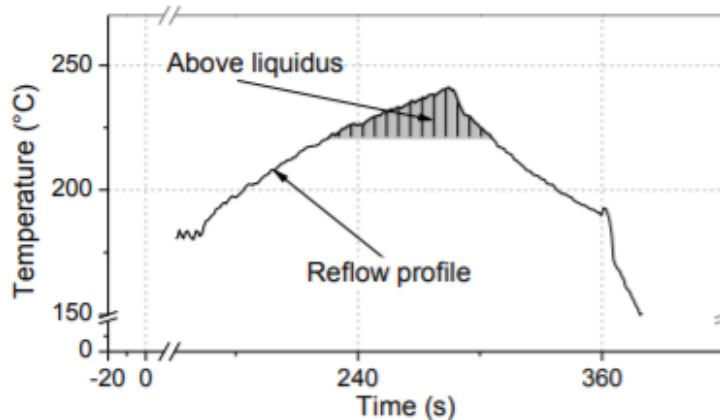


(lineáris hőprofil, infrasugárzásos hőközlés)

Fűtési tényező:

- forrasz olvadt állapotában: diffúzió, nedvesítés ← erősen hőmérséklet-, időfüggő jelenségek
- TAL (Time Above Liquidus): olvadáspont felett töltött idő
- pontosabb jellemzésre vezették be a fűtési tényezőt:  $Q_\eta$  [K·s] faktor ← hőprofil alatti részterület a megömlesztési szakaszon

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

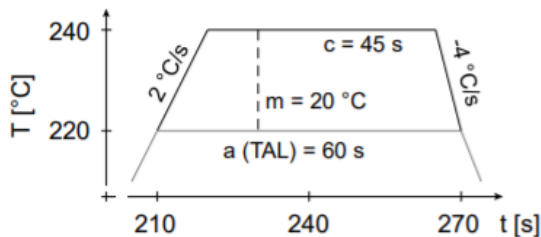


$$Q_\eta = \int_{t_1}^{t_2} (T(t) - T_l) dt$$

$t_2 - t_1$ : olvadáspont fölött töltött idő

$T_l$ : olvadáspont

- közelíthető trapézformával (csak becsléshez alkalmazott)



$$Q_\eta = \frac{a+c}{2} \cdot m = \frac{60+45}{2} \cdot 20 = 1050 \text{ s} \cdot \text{°C}$$

(a bizonytalanságból adódóan 10-esre kerekítünk)

**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!**

A forraszprofil-számítás alapja 3D esetben, hogy vesszük a rendszer energiáját, és a forrasz felületét addig minimalizáljuk, amíg az energiafüggvény minimumát el nem érjük.



Rendszer energiája:  $E = E_S + E_G = \int_A \gamma \cdot dA + \iiint_{xyz} \rho \cdot g \cdot z \cdot dx dy dz$  (a forrasz végignedvesíti a fémezést)

- $E_G$ : a forrasz potenciális energiája
- $E_S$ : felületi feszültségből származó energia
- (külső erők hiányában ez a 2 tényező)

Felületi feszültségből származó energia, ha a forrasz nem nedvesít végig a forrasztási felületen:

anyagi tulajdonságoktól függően nedvesítési szög alakul ki  $\rightarrow$  3 részre osztjuk

- a forrasz szabad felszíne, a gázfázissal érintkezik ( $A_0$ ),  $\gamma_{LG}$  hat
- a forrasz és szerelőlemez kontaktusfelületének határfelülete ( $A_1$ ),  $\gamma_{LS1}$  hat
- a forrasz-alkatrészfémezés határfelület ( $A_2$ ),  $\gamma_{LS2}$  hat

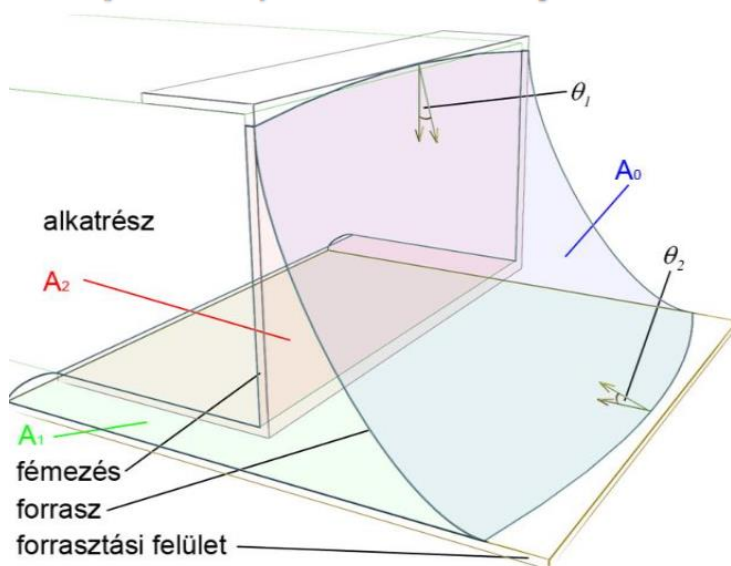
$$E_S = \int_{A_0} \gamma_{LG} dS + \int_{A_1} \gamma_{LS1} dS + \int_{A_2} \gamma_{LS2} dS$$

- Young egyenletből:

$$\gamma_{LS_i} = \gamma_{SG} - \gamma_{LG} \cdot \cos \theta_i$$

- behelyettesítve:

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



**Ismertesse az Arrhenius diagram felvételének menetét!**

- rétegpülési modell:

$$x(t, T) = C + t^n \cdot e^{\left(-\frac{E_a}{RT}\right)}$$

- Arrhenius tag:

$$k = A e^{-E_a/RT}$$

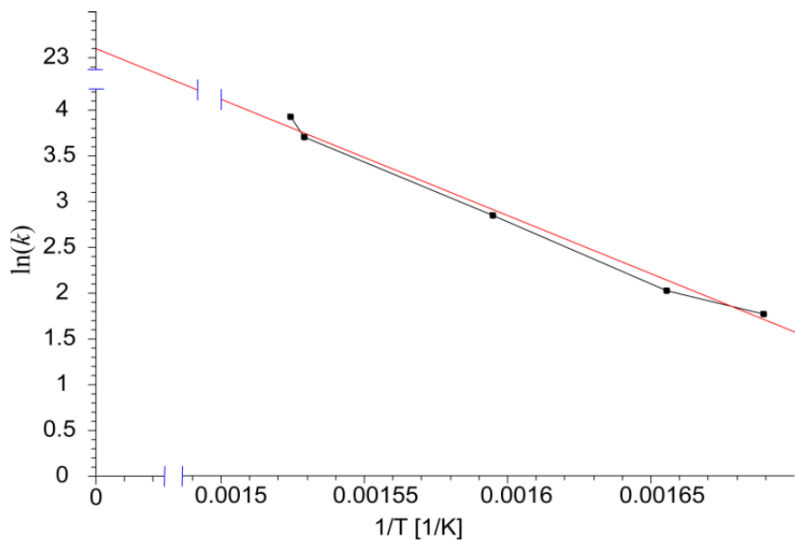
- a modell átalakítása: (vizsgálat előtti és utáni vastagság kivonása)

$$k = x(t, T) - C \quad \text{és} \quad t^n \cdot k_0 = A$$

$$k = A e^{-E_a/RT} \rightarrow \ln(k) = \frac{-E_a}{R} \left(\frac{1}{T}\right) + \ln(A)$$

- az egyenes meredeksége:  $-E_a/R$

- ordináta metszése:  $\ln(A)$



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

### Újraömlesztéses forrasztás nem megfelelő hőprofilja

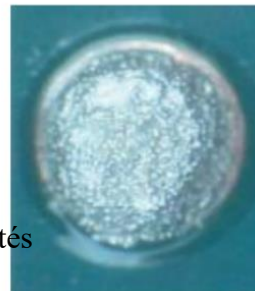
#### Melegítés:

- lassú – paszta megrogyik (slump) – rövidzárat okozhat,
- gyors – a folyasztószer felforr – apró forraszgyöngyök jelennek meg (beading). (gyöngyök átmérője ~ paszta szemcseméret)



#### 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

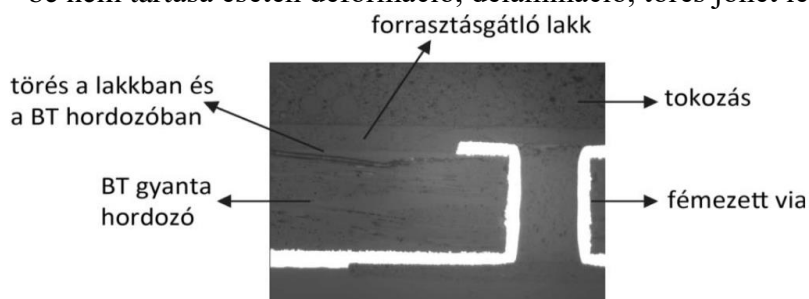


#### Csúcshőmérséklet:

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

MSL szint: (Moisture Sensitivity Level)

- meghatározza, hogy kibontás után mennyi időn belül kell beforsasztani az alkatrészeket
- a kicsomagolt, de be nem forrasztott alkatrészeket a későbbi forrasztás előtt mennyi ideig kell szárítani (1-2 nap)
- be nem tartása esetén deformáció, delamináció, törés jöhet létre a tokban





- paraméterek:

MSL szint	Szárítás nélkül felhasználható	Szárítás (125 °C) 1.4 mm vastag tok	Szárítás (125 °C) 2 mm vastag tok	Szárítás (125 °C) 4 mm vastag tok
MSL 6	Kötelező szárítani	28 óra	48 óra	48 óra
MSL 5A	24 óra	28 óra	48 óra	48 óra
MSL 5	48 óra	24 óra	48 óra	48 óra
MSL 4	72 óra	21 óra	48 óra	48 óra
MSL 3	168 óra	16 óra	43 óra	48 óra

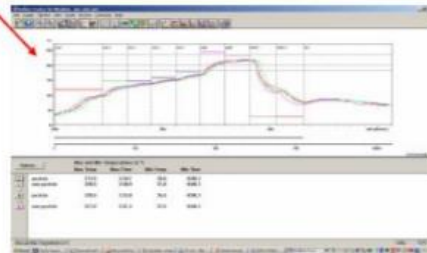
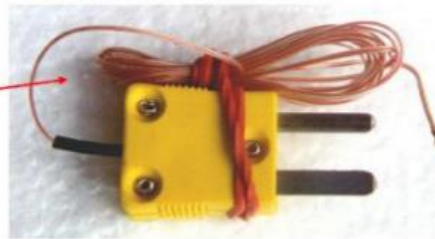
### Ismertesse a hőprofil mérésére szolgáló eszközöket! Hogyan érdemes rögzíteni a hőelemeket a BGA tokozású alkatrészek kivezetéseire?

Speciális mérőeszközt alkalmazunk. Részei: hőelem, adatrögzítő, hőálló doboz, adatfeldolgozó szoftver.

Hőprofil mérés.

Kellékek:

- hőelem,
- adatrögzítő + hőálló doboz,
- adatfeldolgozó software



- SM alkatrész esetén a hőelemet a forrasztási felülethez rögzítjük

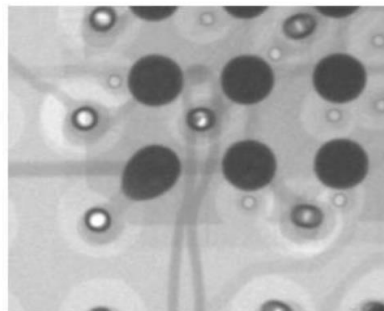
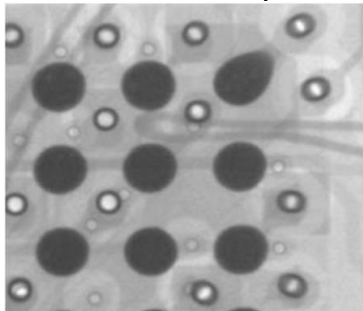
- mindig több ponton (4-16) mérünk

- általános lokációk: kis hőkapacitású alkatrész; nagy hőkapacitású alkatrész; PIP csatlakozó; ha van érzékeny alkatrész (BGA), akkor a tokjára; szerelőlemez felszíne

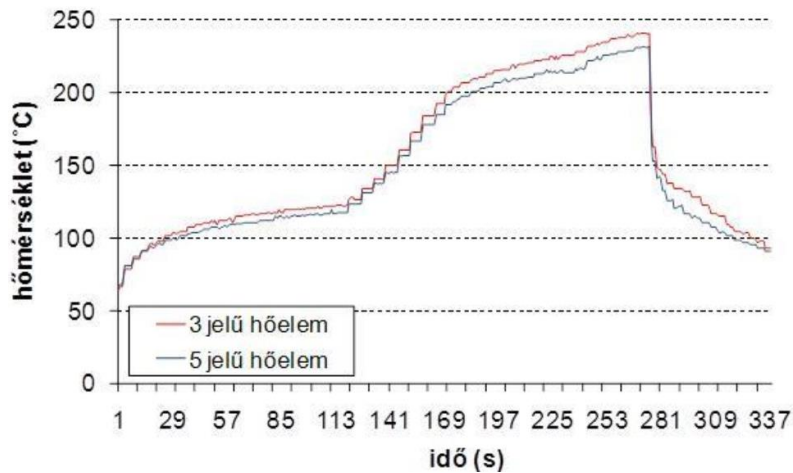
BGA tokozás esetén:

kétféle elrendezés:

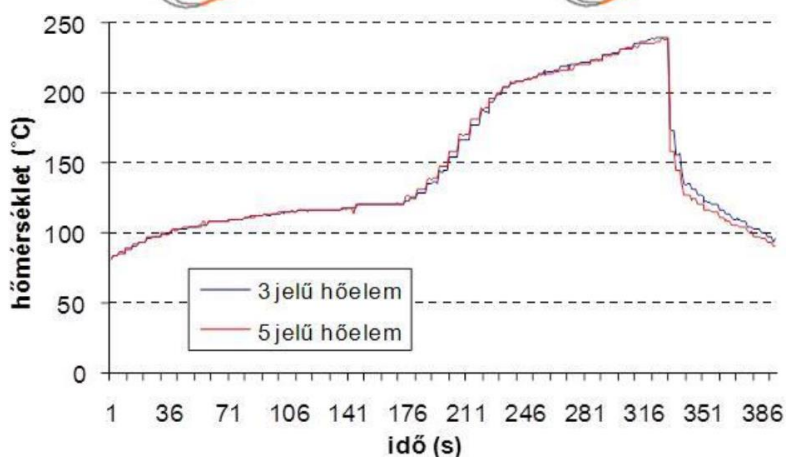
- hőelemet a bump-ok közé teszük:
  - előny: könnyű felhelyezhetőség
  - hátrány: akár 5-10 °C-os mérési hiba (termikus csatolás nem tökéletes a termoelem és a bump között)



○



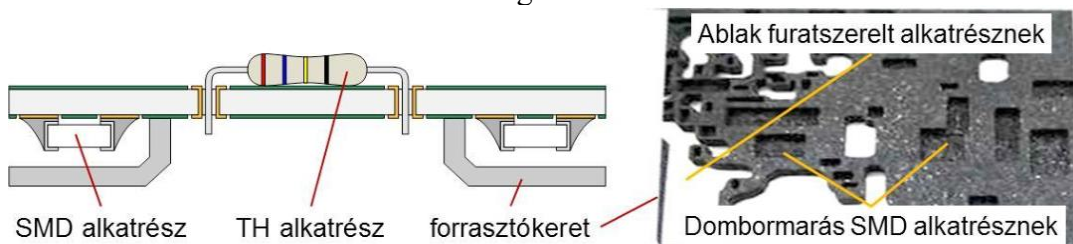
- 
- hőelemet beforrasztják a bump-ba
  - előny: pontos mérés
  - hátrány: bonyolult a hőelem felhelyezése (furatkészítés, beragasztás)



**Ismertesse a szelektív hullámforrasztási eljárásokat (keretes, bélyeges, kéményes)! Mi a keretes hullámforrasztás jellemző hibája?**  
 (Furatszerelt alkatrészekhez alkalmazzák.)

Keretes:

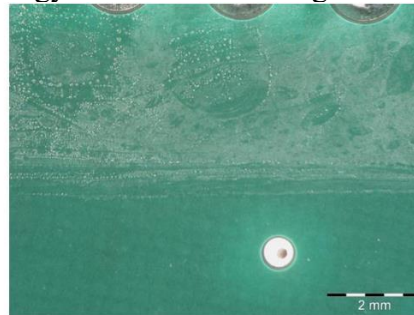
- hagyományos hullámforrasztó berendezéssel végzik
- szerelőlemez alján lévő felületszerelt alkatrészeket fém maszkkal védik ← ablakok a furatszerelt alkatrész kivezetéseinek megfelelően



- jellemző hibája: visszamaradó szennyeződések, folyasztószer-maradványok ← a fémkeret nagy hőkapacitása miatt a folyasztószer nem tud megfelelően aktiválódni
  - csökkentik a szerelőlemez szigetelési ellenállását (SIR)
  - nagyfrekvenciás alkalmazásoknál nagyobb mértékű szivárgási áramot okoznak



Visszamaradó szennyeződések;  
forrasztószer és folyasztószer  
maradvány



A forrasztókeret ablakának éleinek  
megfelelően folyasztószer  
maradványok figyelhetők meg

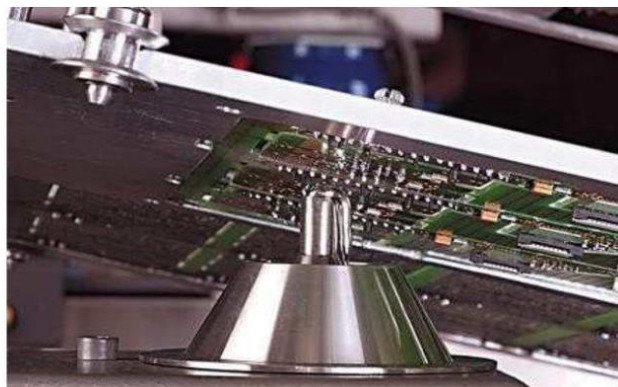
### Bélyeges:

- forrasztószerszámot alkalmaznak: szerszámtestre erősített bélyegeket (vályúkat) tartalmaz, nem nedvesíthető anyagból
- olvadt forraszt tartalmazó kádba merül → kiemelkedik a forrasztfürdőből → bélyegek a kialakított mélyedésekkel olvadt forrasztanyagot emelnek ki → a forraszt golyóvá ugrik össze → furatszerelt alk. kivezetőihez érintünk → létrejön a forrasztandó kötés
- előny: gyors (keretesnél lassabb), nincs folyasztószer maradvány
- hátrány: minden gyártmányhoz külön bélyegszerszám kell



### Kéményes:

- speciális forrasztófej, pontszerű forraszt hullámot állítunk elő
- forrasztási helyek alá pozícionálva, kivezetőnként létrehozuk a kötet
- előzetesen folyasztószer felvitel
- előny: nincs folyasztószer maradvány, takarékos
- hátrány: nem annyira termelékeny





## 6. Az elektronikai gyártás ellenőrző berendezései

**Ismertesse az automatikus optikai ellenőrzés alapelvét, megvilágítási módjait, valamint a kamerarendszerek jellemzőit (felbontás, látótér)!**

AOI-t alkatrész-beültetés és forrasztás után alkalmaznak.

Az optikai ellenőrzések során a vizsgált területről felvételeket készítünk. Ha a képet képpontokra bontjuk, ez az x és y koordináták irányában tett mintavételezésnek felel meg, majd vektort/skalárt rendelünk minden képponthoz.

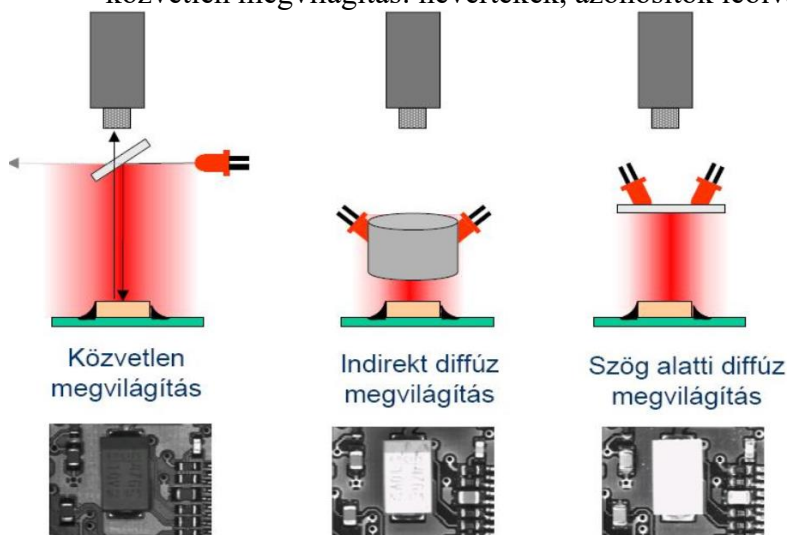
Az automatikus optikai ellenőrzés alapja a vizsgált termékről készült felvételek elemzése képfeldolgozási algoritmusokkal. Lépések:

- vizsgálandó alkatzatok szeparálása a háttértől ← binarizálással: a szürkeárnyalatos képet küszöb fényességi érték alapján fekete-fehérré alakítjuk
- képfeldolgozási algoritmusok (élkeresés → pozícióhiba; szövegfelismerés → névértékek, azonosítók)

Hatékonyság javítása érdekében több kamerát (ortogonális és szög alatti) és több fajta megvilágítási rendszert tartalmaznak a berendezések.

Megvilágítási módok:

- szög alatti diffúz: alkatrészek meglétének ellenőrzése
- indirekt diffúz: kondenzátorok polaritásának vizsgálata
- közvetlen megvilágítás: névértékek, azonosítók leolvasása



Kamerarendszer jellemzői (felbontás, látótér):

A *felbontás* határozza meg, hogy mennyire kis alkatzatok vizsgálhatók. Ahhoz, hogy egy alkatzat vizsgálható legyen, a legkisebb geometriai részeinek legalább 10 képpontból kell állnia (ipari szabvány).

- függ: a képérzékelő szenzoron található elemi képpontok effektív számától (n Mpixel) és a látótértől
- jellemző képpontok száma: 1-5 MPixel

A *látóteret* (Field Of View) az objektív látószöge és mintától vett távolsága határozza meg.

- fix gyújtótávolság, de megválasztható mennyire nagy látószögű objektív (minél kisebb, annál kisebb alkatzatok vizsgálhatók, de lassabb ellenőrzés)

**Ismertesse a transzmissziós röntgengép működési elvét.**

A röntgensugaras vizsgálat az anyagok sugárzás-elnyelési tulajdonságainak eltérésén alapszik. A sugárzás elnyelése az alkotóelemek atommag-méretével arányos. A nagyobb rendszámú elemek jobban, míg a kisebb rendszámúak kevésbé nyelik el a sugárzást, s így –ezen az

„árnyékhatáson” alapuló –elnyelődési mintázat alapján a vizsgált mintabelső felépítése felderíthető. Egy képpont nem csak a felületről közöl információt, hanem a vizsgált minta teljes keresztmetszetéről, ezért 3D leképezés illúzióját kelti.

A röntgensugárzást egy elektronágyú bocsátja ki, az elektronok vákumban elhelyezett izzószálból lépnek ki → nagyfeszültséggel gyorsítjuk → becsapódnak a céltárgyba → mozgási energia hővé alakul + röntgensugárzás keletkezik:

$$e \cdot U = (m \cdot v^2) / 2$$

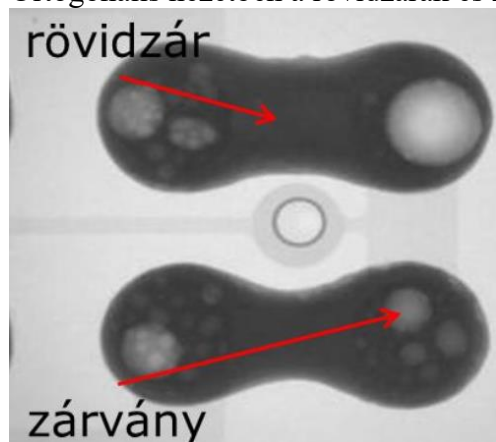
→ tárgyon való áthaladáskor a sugárzás intenzitása csökken:  $I = I_0 \cdot \exp(-\mu_m \cdot \rho \cdot x)$

→ a tárgy ellentétes oldalán elhelyezett detektor észleli a különböző intenzitású sugárzásokat

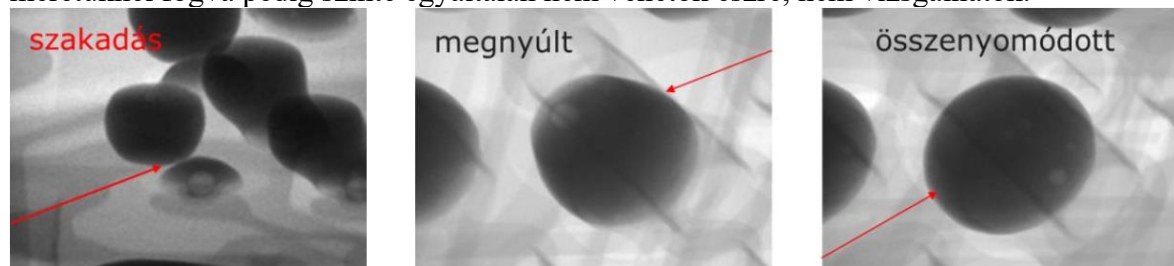
→ konvertálja (direkt/indirekt módon)

### Milyen hibák detektálhatók transzmissziós röntgengéppel? Mire kell ügyelni a BGA tokozású alkatrész kötéseiben lévő zárványok ellenőrzésénél?

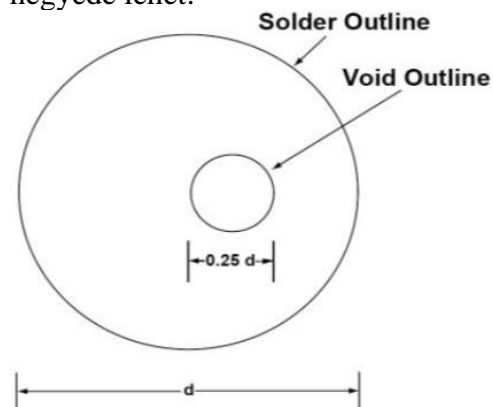
Ortogonalis nézetben a rövidzárak és zárványok képződése könnyedén kimutatható:



A többi hibajelenség, mint pl. szakadások, deformációk a BGA alkatrészek kötéseinél csak szög alatti nézetben, a detektor döntésével elemezhetők megfelelően. A repedések kis méretüknél fogva pedig szinte egyáltalán nem vehetők észre, nem vizsgálhatók.



A szabvány szerint a zárványok átmérője a BGA forrasztott kötés átmérőjének maximum a negyede lehet:



(arról nem szól a szabvány, hogy van-e megkötés több, kis méretű zárvány esetén)

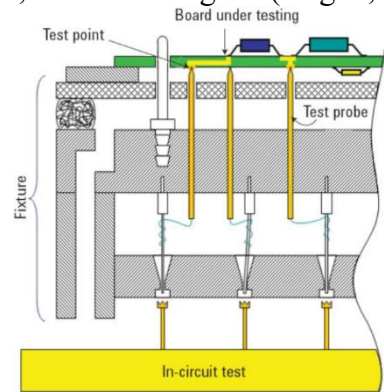
A túl-/alulexponálás elkerülésére kalibrálni szokták a röntgengépeket.

## 7. Elektronikai gyártás minősítő rendszerei

**Ismertesse az In Circuit és a Flying Probe villamos tesztelési eljárásokat.**

### In Circuit:

- villamos paraméterek vizsgálata szerelés után: szakadás-, zárlat-, alkatrészvizsgálat (meglét, polaritás, érték)
- tűágyas tesztelés (ICT): az NYHL-en tervezett tesztpontokon tömegesen végzik el a méréseket.
- tűágyat használnak, hozzá vannak kapcsolva a mérőeszközök, adapter (mátrix elrendezés)
- gyors ellenőrzés, különböző termékhez külön adapter kell (költség)
- fontos a tesztelhetőségre tervezés
- nagy mechanikai erők ébrednek → megfelelő rögzítés



- különböző alkatrészekhez különböző típusú tűk alkalmasak:

- furat: dárdavégződésű
- furatszerelt alk. kivezetése: koronás/konkáv
- felületszerelt alk., forrasszal borított tesztpont: koronás
- forrasz nélküli tesztpont: hegyes



### Flying probe:

- repülőszondás tesztelés: mérendő lemez fölött tesztfejlet mozgatunk a mérendő lokációk fölé, a fejre rögzített tűk (4-8-16 db) segítségével egyszerűbb méréseket valósítunk meg

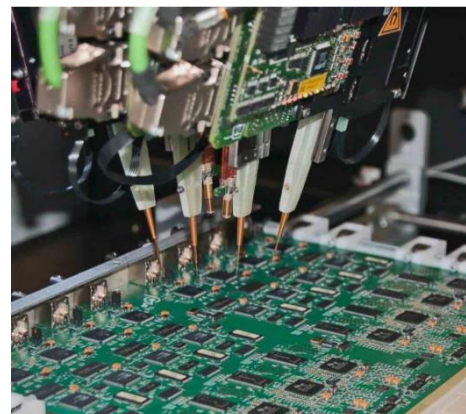
- előny:

- nincs szükség külön adapterre
- nincs merev befogó szerkezet
- → olcsóbb

- hátrány:

- mérés folyamata hosszabb → kis-, középvolumentű gyártáshoz

- lehetővé teszi mindkét oldal egyidejű mérését, döntött túpozíció is lehetséges (megkönnyíti a sirálszárny alakú kivezetéseken való mérést)

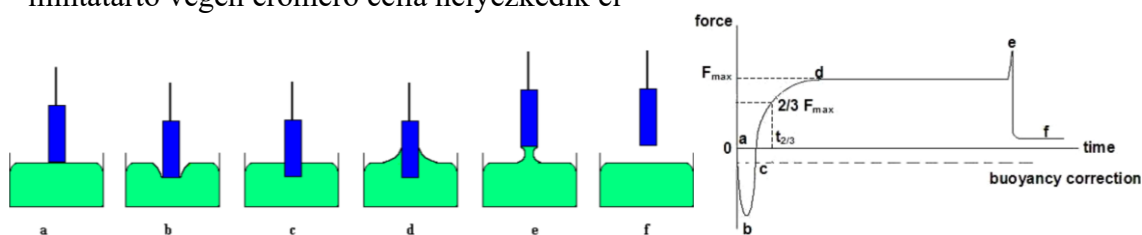


**Ismertesse a nedvesítési vizsgálatokat (wetting balance, spreading, bridging)**

	Wetting balance	Területes teszt	Hídképződési teszt
Módszer	Szabványosított	Nem szabványosított	Nem szabványosított
Minősített anyagrendszer	Forrasztótvözet + folyasztószer + fémezés + esetleg atmoszféra	A komplett forraszpasztta, fémezés, atmoszféra rendszer	A komplett forraszpasztta, fémezés, atmoszféra rendszer
Forrasztási paraméter	Csúcshőmérséklet	A teljes hőprofil, annak összes szakasza	A teljes hőprofil, annak összes szakasza
Teszt menete, kiértékelés	Komplex	Közepesen nehéz	Egyszerű

### Wetting balance (nedvesítési mérleg):

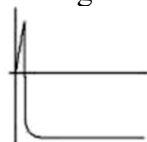
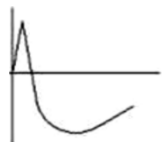
- előzetesen folyasztószerrel ellátott mintát mártanak olvadt forraszanyagba.
- forraszanyag hőmérséklete szabályozható
- mintatartó végén erőmérő cella helyezkedik el



- a) minta bemerítés előtt: előzetesen folyasztószerrel látják el, adott ideig az olvadt forrasz felett tartva aktiválják
  - b) éppen bemerítés után, a felületi feszültség emeli a mintát:  $F\gamma = \gamma_{LG} \cdot k \cdot \cos\theta$ , ahol k: bemerített minta területe,  $\theta > 90^\circ$  (nem nedvesít)
  - c) felületi feszültségből származó erő egyenlő 0-val:  $\theta = 90^\circ \rightarrow$  csak a felhajtóerő hat a mintára
  - d) megindul a nedvesítés, a mérés állandósult állapota:  $\theta < 90^\circ \rightarrow$  a felületi feszültség lefelé húzza a mintát
  - e) minta kiemelése a forraszból: erőcsúcs, kiemelésnél a nedvesítési szög lecsökken
  - f) kiemelt minta: a mért erőgörbe a feltapadt forrasz súlyát mutatja
- görbéről leolvasott paraméterek: nedvesítési erő ( $F_{max}$ ), nedvesítési dinamikáját jellemző idő (c ponttól  $2/3 F_{max}$ -ig)

- mért forrasztótvözet adott hőmérsékleten érvényes felületi feszültsége:  $\gamma_{LG} = F_{max} / (k \cdot \cos\theta)$

- kisméretű kivezetések vizsgálatára kisebb forraszgömböket állítanak elő



- bal: nedvesítés elvesztése (de-wetting)  $\leftarrow$  túlzott oxidációs folyamatok

- jobb: túl gyors nedvesítés  $\leftarrow$  sírkoeffektus, elcsúszás

### Területes teszt (spreading):

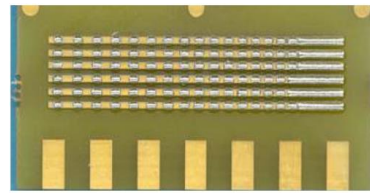
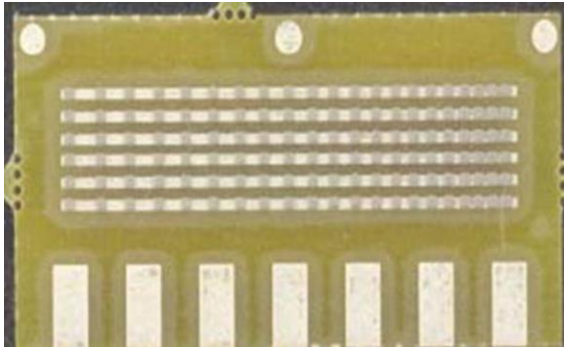
- adott térfogatú forraszanyagot (ált. paszta formájában) stencilnyomtatással felvisznek a nedvesítendő fémezésre, újraömlesztő kemencében forrasztják megfelelő hőprofillal
- a forrasztási felület lényegesen nagyobb legyen, hogy akadály nélkül tudjon terülni a forrasz
- képi feldolgozás, optikai mikroszkóp
- összehasonlító vizsgálatra alkalmas, eredménye a folyamat összes paraméterét tartalmazza
- a mérés során a folyasztószer eltávozik

### Hídképződési teszt (bridging):

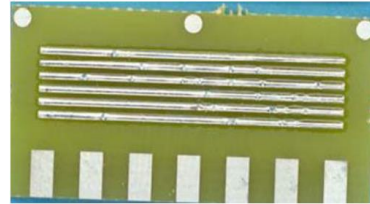


- forraszpaszta lenyomatokat visznek fel nedvesíthető felületre (sáv), majd megforrasztják a mintát

- mintázat:



a)



- lenyomat távolság szekvenciálisan csökkenő

- vizsgálják melyik a legnagyobb távolság, ahol még összefut

- gyors, szemrevételes

### Ismertesse a forrasztott kötések mechanikai ellenőrző vizsgálatait.

- három csoport a vizsgált minta szempontjából

1.) tömbi forraszmintán mérünk:

- a szakítószilárdság méréséhez „kutyacsont” alakú minta: egyik végét rögzítik, másikat szakadásig húzzák → az ekkor mért mechanikai feszültség a szakítószilárdság

- csak a forrasztótvözet tulajdonságaitól függ

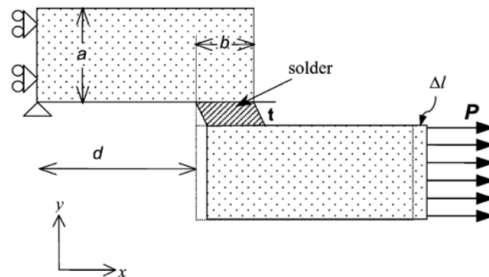
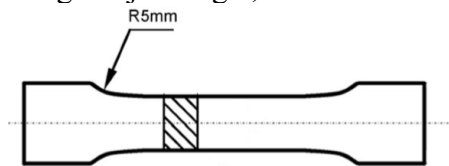


2.) forrasztott kötés jellegű mintán végezzük:

- minta alakja hasonló az előzőhöz, de a két végét forrasztott kötés köti össze

- nyírési szilárdság vizsgálat: két lap között kialakított gölyő formájú forrasztott kötés, egyik lapot rögzítik, másikat laterálisan elmozdítják

- befolyásolja: forrasztótvözet mechanikai tulajdonságai, létrejött intermetallikus vegyület, réteg tulajdonságai, alkalmazott felületfémzés



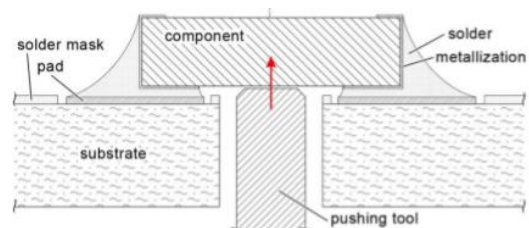
3.) valós forrasztott kötésekén végzett:

- előzőek és a forrasztott kötés alakja is hatással van a mért mechanikai szilárdságra

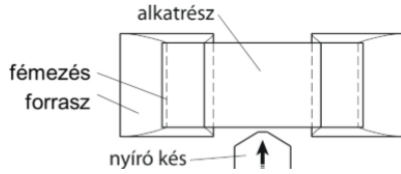
- teherhordó felület helyett a mechanikai szilárdságot erővel jellemzik

- SMD ellenállás:

- lemezen lévő furaton keresztül támadjuk az alkatrésztestet, húzófeszültséget keltve a forraszban



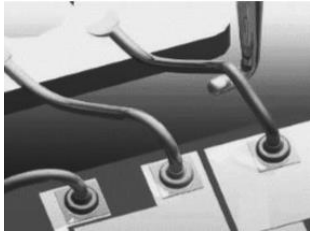
- fúrás elkerülése miatt inkább nyírási szilárdságot mérnek: oldalirányból támadjuk meg



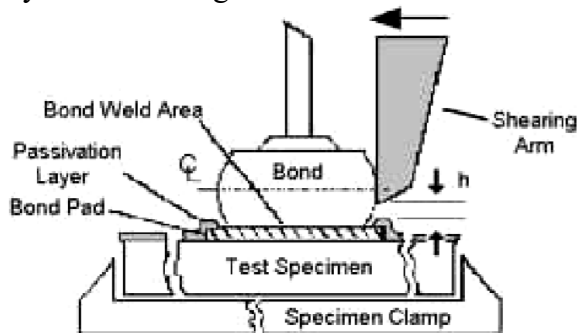
**Ismertesse a mikrohuzalkötések valamint a hajlékony hordozójú áramkörök ellenőrző vizsgálatait.**

Mikrohuzalkötések:

- Szakítóvizsgálat: kampót illesztnek a huzalhurokba és felfele mozgatással húzófeszültséget keltenek a mikrohuzalban



- Nyírási szilárdság: a mikrohuzalkötést oldalról támadják meg egy terhelőszerszámmal, nyírási feszültséget keltve a kötésben

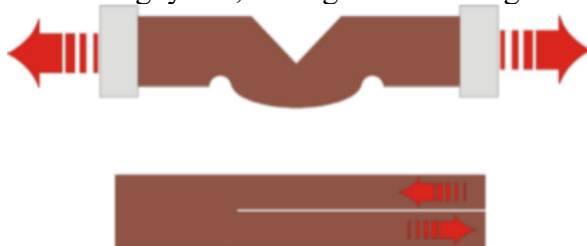


- ultrahangos, ékes kötéseknel könnyű
- termoszonikus golyó esetén nehéz a kis méretek miatt
- közvetlen a mikrohuzalkötésről nyerünk információt

Hajlékony hordozójú áramkörök:

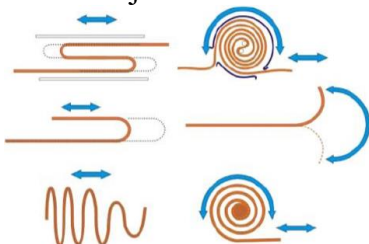
- Szakítószilárdság: olyan, szalagszerű mintát használnak, amely bevágást tartalmaz a hosszanti irányba

- a hajlítás mentén a hordozót szétnyitják, és a két oldaláról terhelik
- relatív megnyúlás, Young modulus meghatározása



- Dinamikus hajlítási vizsgálat:

- a hajlékony hordozót megadottamplitúdóval és frekvenciával sorozatosan meghajlítják
- hajlítási ciklusszám: amit a rézréteg szakadás nélkül kibír



- Részlefejtési vizsgálat:

- a hordozón lévő rézréteget csipesszel megfogják, és elkezdik felfelé húzni a hordozóról, miközben a húzáshoz szükséges erőt mérik, és a felszakított rézréteg szélességével osztva, fajlagos lefejtési erőt adnak meg
- „péklapát” forma
- van lehetőség forgótárcsára rögzíteni → mindig függőleges a húzás

### **Mutassa be a Dye penetration vizsgálati eljárást.**

A szerelőlemezre beforrasztott BGA tokozású alkatrészek kötéseiben kialakuló repedések vizsgálatára használják a festékbehatolási tesztet.

Lépései:

- az alkatrészt gáttal (polimer) veszik körül
- kiöntjük a festékanyaggal, amely a kapilláris hatás következtében behúzódik az alkatrész alá és a kialakult résekbe. Követelmény: festékanyag jól nedvesítse a forraszbumpokat és az interposer/NYHL felületét
- hozzávetőleg 24 órán keresztül szárítjuk
- az alkatrészt eltávolítjuk, ahol repedés volt a kötésben, ott lecsökken a teherhordó felület és a kötés a repedés mentén törik, a festék nyomai láthatóvá válnak

## **8. Gyártósorok kiszolgálás menedzsmentje**

### **Mi az alap és segédanyagok definíciója?**

A gyártósor minden egyes fázisa alapanyagokat dolgoz fel segédanyagok felhasználása mellett.

Alapanyagok: minden olyan egy adott gyártási fázis szempontjából feldolgozatlan anyag, amelyen az adott fázis valamilyen műveletet végez és abból az adott fázis szempontjából végterméket állít elő.

Pl:

- a stencilnyomtatáshoz szükséges alapanyagok: forraszpaszta és NYHL; végtermék: a felpasztázott NYHL
- az alkatrész beültetéshez szükséges alapanyagok: a felpasztázott NYHL és az alkatrészek; végtermék: a beültetett NYHL
- a reflow forrasztáshoz szükséges alapanyagok: a beültetett NYHL; végtermék a beforrasztott NYHL

Segédanyagok: a gyártáshoz szükséges minden egyéb anyag, ami nem képezi szerves részét az elkészült terméknek, viszont a gyártás szempontjából elengedhetetlen (pl. törökendő, tisztítószerek, olajok, stb...)

### **Mi a hozzáadott érték?**

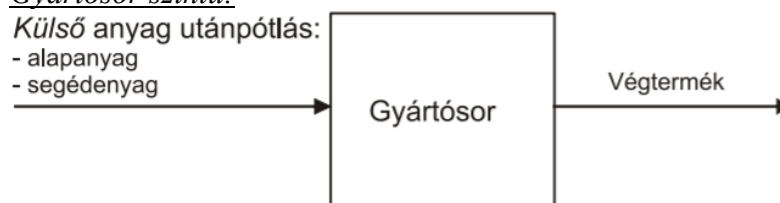
hozzáadottérték = eladási ár – beépített alkatrészek ára (=gyártási költség)

### **Milyen utánpótlási modelleket ismer?**

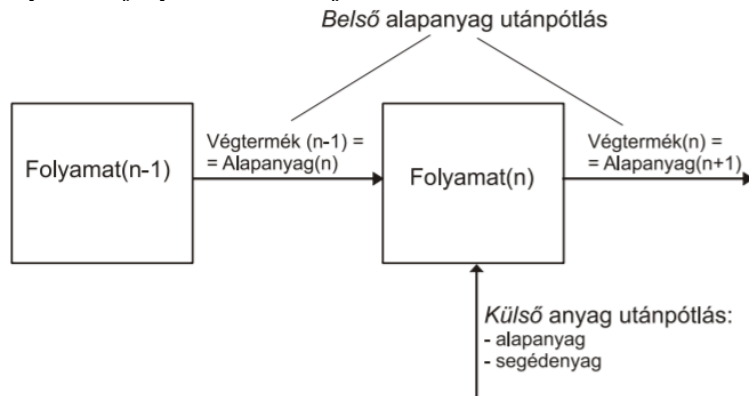
Gyártósor szintű:

Külső anyag utánpótlás:

- alapanyag
- segédanyag



### Gyártási folyamatok szintjén:



- Belső anyagutánpótlás: amikor az n-1. folyamat végtermékét az n. folyamat mint alapanyagot megkapja (fő eszközei a különféle transzport berendezések). Ezen az utánpótlási módon csak alapanyag érkezik.
- Külső anyagutánpótlás: az egyes folyamatokba a gyártósoron kívülről érkező, a gyártósor szempontjából még fel nem dolgozott anyagok utánpótlása.

### **Mik az anyagfelhalmozás egyes szintjei?**

Anyagfelhalmozás során anyagkészletet hozunk létre. Az anyagkészlet a gyártóegység rendelkezésére álló anyagok összessége. A felhalmozás kétszintű: a gyártósor közvetlen közelében lévő anyagok és a raktárban lévő anyagok.

„Mindent a raktárban” elv: mivel a gyártási területen történő tárolás drága, ezért azt használjuk inkább gyártásra, és szinte mindent tároljunk a raktárakban. A gyártósor mellett csak minimális anyag mennyiség legyen. Előnye: alacsony tárolási költség Hátránya: a gyártás akadozhat

„Mindent a gyártósorhoz elv: „az anyagutánpótlás folytonossága mindenek előtt”, ezért hiába, hogy drága de tároljunk minden anyagot közvetlenül a gyártósor mellett. Előnye: az anyagutánpótlás folyamatosság 100%-os Hátránya: nagyméretű anyagkészlet esetén nagyon magas tárolási költségek

➔ „Japán módszer”: az alapanyagok azonnali feldolgozása. A gyárba beérkező alapanyagokat egyenesen a gyártósor mellé szállítják. Előnye: alacsony tárolási költségek (nincs szükség külön anyagraktárra) Hátránya: a gyártási képesség túlságosan függ a beszállítótól, az anyagutánpótlás folyamatosság kockázatos, a kicsi anyagkészlet miatt akár hosszúidejű leállások is előfordulhatnak.

„Kombinált” stratégia: az anyagok nagyobb része a raktárban egy kisebb része pedig a gyártósor mellett. A százalékos megosztása gyártás és gyártmány specifikus. Ököl szabály: 1 műszakra elegendő anyag tárolása a gyártósor mellett, 2 hétre elegendő a raktárban. Így mindig van elegendő anyag a gyártósor mellett és a gyár nincs kiszolgáltatva a beszállítók „szeszéjeinek”. (Általában ezt is túlbiztosítják 2 műszak – 4 hét). Előnye: az anyagutánpótlás folyamatosság 100% -os Hátránya: közepes tárolási költség

### **Mi az idegenárú? Hogyan történik az idegenárú kezelése és azonosítása?**

Idegenárú: minden olyan alapanyag, amely még nem került fel a gyártósorra.

Kezelése és azonosítása nagy körültekintést igényel, mivel az elektronikai iparban nagyon sok egymással külsőre teljesen egyforma alapanyagot használunk (pl. chip ellenállások és kondenzátorok). Így szemrevételezéssel a legtöbb esetben nem beazonosítható az adott

alapanyag! A kezelését és azonosítását az elektronikai iparban nagyon szigorú szabályokhoz kötik.

Kezelésük: a gyártósor mellett történő tárolás rendszere. Polcon, polcrendszeren történik, alapelv, hogy minden alapanyagnak megvan a kijelölt tárolóhelye ← megkönnyíti a beazonosítást és csökkenti a tévedés valószínűségét.

Azonosítás: az alapanyagok csomagolásán minden esetben megtalálhatók az azonosításra szolgáló információk:

- szöveges formában: alkatrész kód, típus, darabszám, gyártási idő, szavatosság...
- alkatrész kód bárkód formájában
- képen

### Mik a gyártósori transzport rendszerek feladatai?

A gyártósori transzport rendszerek végzik az egyes gyártási folyamatok közötti belső alapanyag utánpótlást.

Feladataik:

- Az alapanyag utánpótlás folytonosságának biztosítása
- Az eltérő sebességű gyártási folyamatok összehangolása
- Az alapanyag hiány és torlódás megakadályozása

### Milyen transzport családokat ismer?

Az NYHL transzportok a következő családokba sorolhatók:

- Átadók
- Ideiglenes tárolók (bufferek)
- Speciális funkciójú transzportok

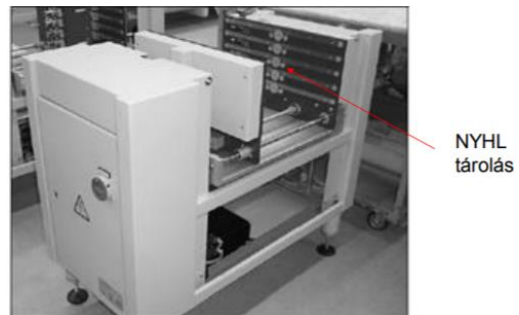
### Jellemezze az átmeneti buffereket!

Feladatuk NYHL-ek továbbítása mellett, a különböző sebességű gyártási folyamatok összehangolása és a torlódások és alapanyag hiányok megakadályozása.

Alap típusuk az ún. átmeneti buffer, amely egy kisebb tároló egységgel ellátott átadó. Általában 3-5 NYHL átmeneti tárolására képes.

Feladata a gyártási zavar esetén a gyártás folytonosságának ideiglenes - a zavar elhárításáig történő - fenntartása.

Alap esetben egy szimpla átadóként működik, zavar fellépése esetén pedig megkezdődik az NYHL-ek felhalmozását a zavar elhárításáig.



### Jellemezze a FIFO ideiglenes tárolókat!

A folyamatok összehangolására szolgáló transzportok az ún. FIFO (First In – First Out) bufferek.

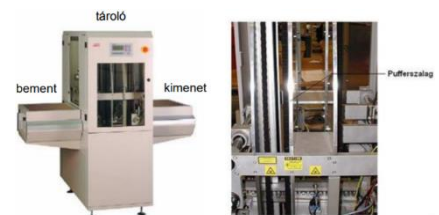
Általában 25-50 NYHL hosszabb idejű tárolására képes.

Ezzel a tárolt mennyiséggel már képes kiegyenlíteni a gyártás során tapasztalható sebességbeli különbségeket.

Egyik legelterjedtebb alkalmazási területe az AOI

(Automatic Optical Inspection) berendezések előtt van. Az optikai ellenőrzés a többi SMT folyamathoz képest jóval lassabb így a félkész NYHL-eket az AOI előtt tárolni kell.

A FIFO bufferek elláthatók egyéb segéd funkciókkal is, mint például a forrasztó kemencéből kiérkező és az AOIra váró NYHL-ek hűtése.



## 9. A megbízhatóság elméleti alapjai. Elektronikai alkatrészek és készülékek megbízhatósági jellemzői

### 1. Adja meg a megbízhatóság definícióját!

Megbízhatóság: milyen hosszú ideig őrzi meg minőségét egy termék meghatározott üzemeltetési feltételek mellett.

- „Időfüggő minőség”
- „A megbízhatóság a minőség dinamikája”
- „A termék specifikációjának időben teljesülésének módja”

A megbízhatóság egy időfüggő fogalom!

### 2. Sorolja fel a megbízhatóság legfontosabb mutatóit! Ezen mutatók közül melyik az, amelyet közvetlenül mérni tudunk?

- $R(t)$  megbízhatósági függvény: a működés valószínűsége, adott időpontig történő működés valószínűsége, túlélés függvény.:  $R(t) = P(\tau \geq t)$   $P =$  valószínűség
- $F(t)$  hiba függvény: a meghibásodás valószínűsége, adott időpontig bekövetkező meghibásodás valószínűsége  $F(t) = P(\tau < t) = \int_0^t f(\tau) d\tau$   $\tau = 0 \dots t$
- $f(t)$  meghibásodás sűrűségfüggvénye: a működési idő sűrűségfüggvénye,  $f(t) = F'(t)$ , ez a legtöbbet használt
- $\lambda(t)$  hibaráta függvény: a meghibásodási ráta, adott időpontig bekövetkező meghibásodások száma (hazardfüggvény),  $\lambda(t) = f(t) / R(t) = -R'(t) / R(t)$

← közvetlenül lehet mérni őket (?), bármelyikből kifejezhető a többi

- MTFF (mean time to first failure) várható élettartam.  $MTFF = E(\tau) = \int_0^{\infty} R(t) dt$   $t = 0 \dots \infty$

### 3. Megbízhatósági szempontból hogyan lehet csoportosítani az elektronikai alkatrészeket? Adja meg az egyes csoportok jellemzőit is!

#### 1. Normál (Gauss),

- a meghibásodásért felelős jelenség a bekapcsolt állapotban nagyságrendekkel gyorsabb,
- $\lambda(t)$  az időben monoton nő (folyamatos öregedés),

leírás:  $f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}}$

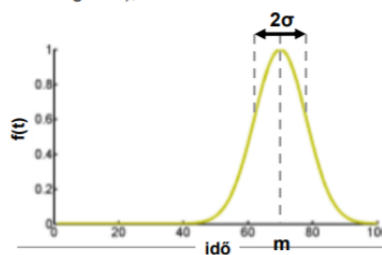
( $R(t)$ ,  $F(t)$ ,  $\lambda(t)$  zárt alakban nem írhatók fel),

- jellemző paraméterei:

$m$ : várható élettartam,

$\sigma$ : szórás

(bizonytalansági paraméter)



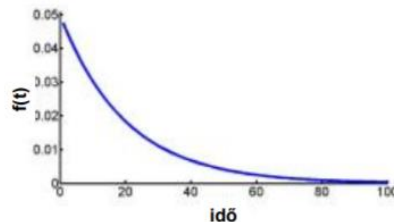
Példák: izzólámpa, relé, kapcsoló, potenciométer



## 2. Exponenciális:

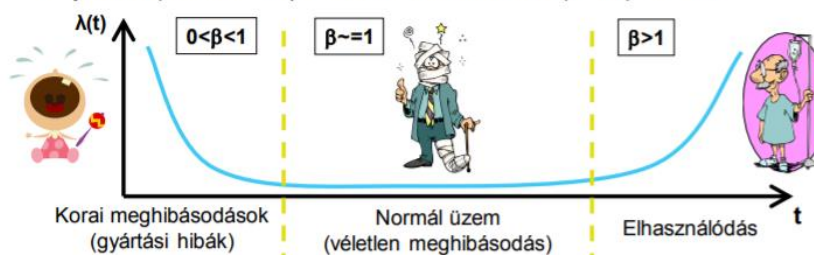
- a meghibásodásért felelős jelenség sebessége bekapcsolt állapotban nem mutat jelentős eltérést a kikapcsolt állapothoz képest, (örökifjú)
- $\lambda(t)$  az időben állandó,  $\lambda(t) \Rightarrow \lambda$  (az alkatrész nem öregszik, ún. örökifjú tulajdonságot mutat),
- leírás:  $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$   $R(t) = e^{-\lambda t}$   $\lambda(t) = \lambda = \frac{1}{T_0}$
- jellemző paramétere:  $\lambda$  (hibaráta függvény),
- a matematikai reprezentáció egyszerűsége miatt használata elterjedt (szabványokban gyakran minden alkatrésztípust ezzel a leírással közelítenek).

**Példák: ellenállás, tranzistor, integrált áramkörök**



## 3. Weibull:

- leginkább összetett rendszerek leírására alkalmas, melyeknél az élettartam kezdeti szakaszában korai meghibásodások lehetnek, az élettartam végén pedig elhasználódás jellegű hibajelenségek léphetnek fel,
- $\lambda(t)$  az élettartam során csökken, stagnál, majd növekszik,
- leírás:  $f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$   $R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$   $\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1}$
- jellemző paramétere:  $\eta$ : karakterisztikus élettartam,  $\beta$ : alakparaméter



**Példák: készülékek, részesegységek, összetett alkatrészek**

## 4. Milyen módszerekkel lehet meghatározni az alkatrészek károsodási függvényét? Melyik módszer elterjedtebb a gyakorlatban?

$\lambda(t)$  = egy alkatrész populációban történt meghibásodások száma osztva a meghibásodásig (vagy a vizsgálat végéig) eltelt idők összegével

$\lambda(t) = f(t) / R(t)$ , ahol  $R(t)$  túlélés fv,  $\lambda(t)$  túlélés ráta (károsodási függvény),  $f(t)$  meghibásodás sűrűségfüggvénye

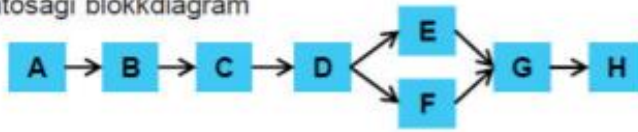
## 5. Melyek azok a paraméterek, amelyek leginkább befolyással vannak az elektronikai alkatrészek élettartamára (megbízhatósági mutatóira)?

- kiviteli típus (kereskedelmi, ipari, katonai...)
- előállítás technológiája (pl. nagy és kis értékű ellenállások gyártástechnológiája eltérő)
- hőmérséklet
- terhelés
- a készülék (amely az alkatrészt tartalmazza) üzemeltetési körülményei:  $\leftarrow$  bizonytalan
  - hőmérséklet ingadozása
  - páratartalom és ingadozása
  - rázás, ütés (pl. asztali, mobil, autóelektronikai készülék)
  - egyéb hatások (pl. korrózív környezet).

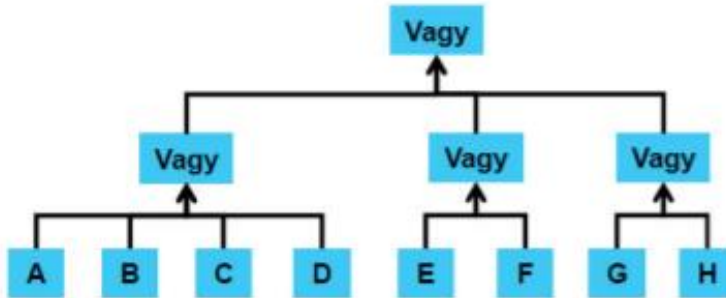


## 6. A készülékek megbízhatósági modelljének milyen grafikus ábrázolási módszerei léteznek? Mi a fő különbség ezek között?

Megbízhatósági blokkdiagram



hibafa

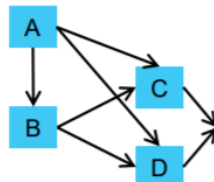
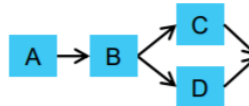
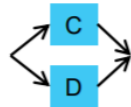


Különbség: matematikailag csak a megbízhatósági alakot tudjuk kezelni, a hibafát át kell alakítani blokkdiagrammra.

## 7. Milyen alapstruktúrák fordulhatnak elő a készülékek megbízhatósági modelljében?

Összetett rendszerek megbízhatósági modelljének előállítása az elemek közötti kapcsolatok alapján:

- Boole-típusú modell,
- nem villamos kapcsolatok (!),
- kapcsolatok típusai:
  - soros,
  - párhuzamos:
    - melegtartálékolt,
    - (hidegtartálékolt),
  - vegyes (visszafejthető soros és párhuzamos alrendszerekre),
  - komplex (dekomponálással visszafejthető vegyesre).



## 8. Soros rendszer megbízhatósági jellemzői, a megbízhatóság növelésének módszerei.

A rendszer véges számú elemből áll. A kommersz elektronikai berendezések soros struktúrájúak.

Soros (redundancia mentes) rendszer:

- egy elem meghibásodása a rendszer meghibásodásához vezet,
- a meghibásodások egymástól függetlenek,
- az elemek azonos fontosságúak,
- megbízhatóság számítása az  $R(t)$  alapján célszerű (n db elem):



$$R_e(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot \dots \cdot R_n(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t)$$

- ha minden elem exponenciális:

$$R_e(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i t} = e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t} = e^{-\Lambda t} \quad \Lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i$$

$$T_0 = \frac{1}{\Lambda} = \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n} = \frac{1}{\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} + \dots + \frac{1}{T_n}}$$

Meghibásodások számának csökkentése, soros rendszer megbízhatóbbá tétele:

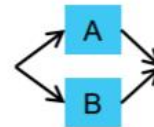
- minimális alkatrészsámra törekvés • kis  $\lambda$  értékek (jó minőségű alkatrészek) – drága
- csökkentett terhelés (derating) – túltervezzük az eszközt, az élettartam függ a terheléstől
- azonos  $\lambda$  értékre törekvés – a legrosszabb minőségű határozza meg a várható élettartamot
- soros rendszer helyett redundáns rendszer alkalmazása

### 9. Melegtartalékolt rendszer megbízhatósági jellemzői. Hogyan érdemes üzemeltetni egy melegtartalékolt rendszert?

- A rendszer n azonos, együtt működő elemből áll.
- A rendszer működéséhez egy elem működése szükséges.
- A megbízhatóság nem növelhető a végtelenségig, egyre kisebb mértékben javul (3-4 egységnek van értelme max.)
- Az alapelem és tartalékelemek meghibásodási tényezői azonosak.
- Leginkább alkatrész redundancia, de létezik részegység, készülék redundancia is.
- Hibafelismerő elem, kapcsolóelem esetenként szükséges.
- A tartalék állapota ismert, de energiát fogyaszt és öregszik.
- Általában rövid idejű alkalmazások esetén jelentős, az  $R(t)$  görbe vízszintes érintővel indul.

Párhuzamos, melegtartalékolt rendszer:

- a rendszer működéséhez egy elem működése szükséges,
- alkatrész, részegység, készülék redundancia is lehet,
- hibafelismerő elem, kapcsolóelem esetenként szükséges,
- a tartalék állapota ismert, de energiát fogyaszt és öregszik,
- megbízhatóság számítása az  $F(t)$  alapján célszerű (n db elem):

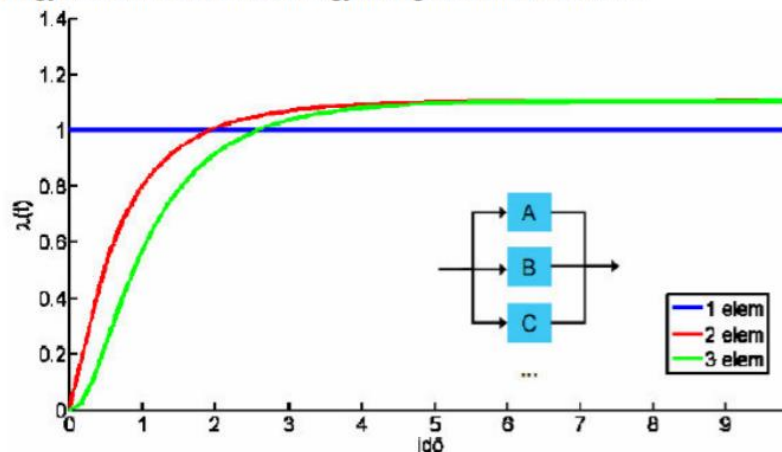


$$F_c(t) = F_1(t) \cdot F_2(t) \cdot \dots \cdot F_n(t) = \prod_{i=1}^n F_i(t)$$

- várható élettartam n db, egyforma elem esetén:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_i} \cdot \left(1 + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{n}\right) = T_i \cdot \left(1 + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{n}\right)$$

Hogyan érdemes üzemeltetni egy melegtartalékolt rendszert?

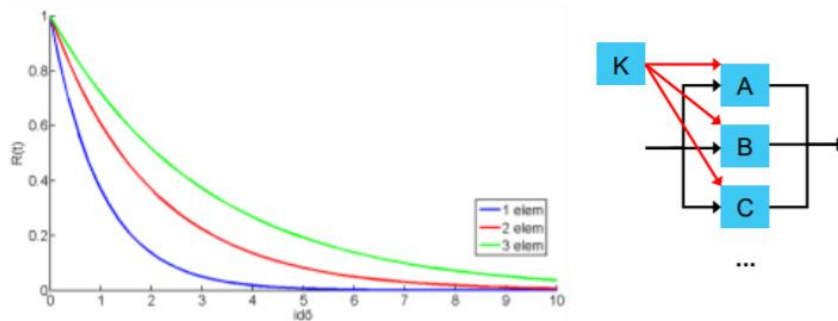


Ez alapján preventív javítást kell végezni még abban az időtartományban, ahol az eredő lambda az eredeti rendszer lambda-jára alatta van → drasztikusan nő a megbízhatóság (hiszen  $t=0$  környékén a lambda 0-hoz közelebb, ez végtelen nagy várható élettartam!)

## 10. Hidegtartalékolt rendszer megbízhatósági jellemzői. Mi a hidegtartalékolt rendszer legfontosabb hátránya (megbízhatósági szempont!)?

Párhuzamos, hidegtartalékolt rendszer:

- a rendszer működéséhez egy elem működése szükséges,
- a tartalékban lévő elem nincs bekapcsolva, nem fogyaszt energiát, nem hibásodhat meg,
- hibafelismerő-kapcsolóelemre van szükség,
- várható élettartam n azonos elem esetén:  $T_0 = T_1 + T_2 + \dots + T_n = \sum_{i=1}^n T_i$
- megbízhatósági függvénye exponenciális elemek esetén:



A tartalékelem bekapcsolása időt vesz igénybe, ami bizonyos rendszerekben nem engedhető meg, ilyen egy vegyi üzem folyamatait felügyelő rendszer számítógépe.

## 11. Mi a megbízhatósági modellezés-analízis szerepe, célja?

Szerepe: adott működési időre meghatározható az egyes alkatrészek minősége (szükséges minimális várható élettartam), így csökkenthető az ár.

Célja: a termék megbízhatósági optimumának megkeresése – garancia lejáratí id"o meghatározása (költségek minimalizálása).

Analízis:

1. A készülékben lévő elemek megbízhatósági modelljének meghatározása: - szabvány alapján - mérés segítségével - (modellezéssel)
2. készülék megbízhatósági modelljének felállítása az elemek közötti kapcsolatok alapján,
3. bemenő paraméterek megadása után szimuláció(k) futtatása:
  - élettartam meghatározása,
  - hibamód és hibahatás analízis,
  - karbantartás analízis,
  - megbízhatóság növelése:
    - derating,
    - worst case (tolerancia) analízis,
    - hőmérséklet hatásának vizsgálata,
    - gyenge pontok felderítése.

# ***10. Megbízhatósági vizsgálatok, környezetállósági vizsgálatok, gyorsított élettartam tesztek és modellek***

## **1. Mik a megbízhatósági vizsgálatok szokásos lépései?**

- A minták előkezelése (pre -conditioning): lényeges, hogy a vizsgált minták ugyan olyan előélettel rendelkezzenek
- Kezdő mérések: kezdeti paraméterek ellenőrzése, esetleges devianciák kiszűrése
- Igénybevétel (conditioning): maga a klímavizsgálat, esetleg közbenső vagy folyamatos mérésekkel
- Állandósítás, pihentetés (recovery): a terhelés végeztével, az esetleg befolyásoló effektusok (hőmérséklet, pára) üzemi körülményekre hozása.
- Befejező mérések: kezdeti paraméterek változásának vizsgálata
- Értékelés és következtetések: megfelelt / nem felelt meg; az esetleges nem megfelelés okainak feltárása további analitikai vizsgálatokkal

## **2. Milyen szempontok alapján osztályozhatók a megbízhatósági vizsgálatok?**

Vizsgálat célja

- Meghatározó vizsgálat – új termék, vagy technológia bevezetésekor
- Ellenőrző vizsgálat – meghatározott időnként, adott termékhalmoz átvételekor

Vizsgálat helyszíne

- Laboratóriumi vizsgálat
- Üzemeltetési vizsgálat

Igénybevételi körülmények

- Névleges vizsgálat (környezetállósági vizsgálat)
  - Állandó paraméterek mellett
  - Változó paraméterek mellett
- Gyorsított vizsgálat

## **3. Sorolja fel a legfontosabb környezetállósági vizsgálatokat!**

- Száraz meleg
- Ciklikus száraz meleg
- Hideg
- Tartós nedves meleg (IEC-68-2-3)
- Ciklikus nedves meleg (IEC-68-2-30)
- Kis légnyomás
- Rázás, gyorsítás
- Sós atmoszféra

(←hőmérséklet, páratartalom, rázás)

## **4. Definiálja a gyorsított környezetállósági vizsgálatokat!**

A meghibásodási tényező és a várható élettartam meghatározása a meghibásodási fizikai folyamatok felgyorsításával és a vizsgálati idő jelentős lerövidítésével.

## **5. Milyen nem kívánt effektusokat idéz elő a magas hőmérséklet az elektronikus áramkörökben?**

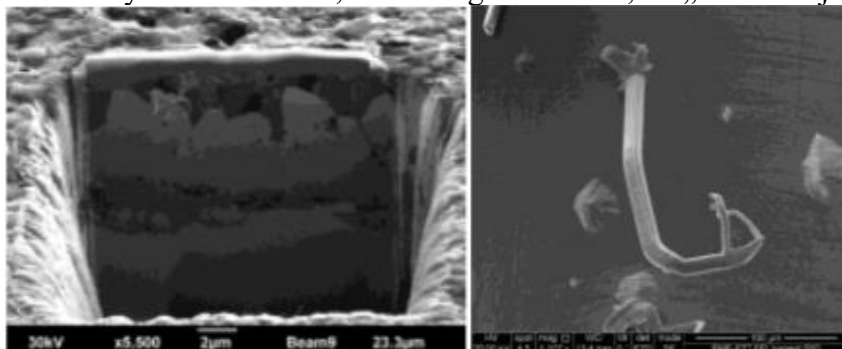
Elektronikus anyagok, alkatrészek elektromos tulajdonságaikat változtatják

- félvezetők p-n átmenet nyitófeszültsége csökken
- áramerősítési tényező nő

- ellenállások, kapacitások értéküket változtatják
- terhelhetőség csökken

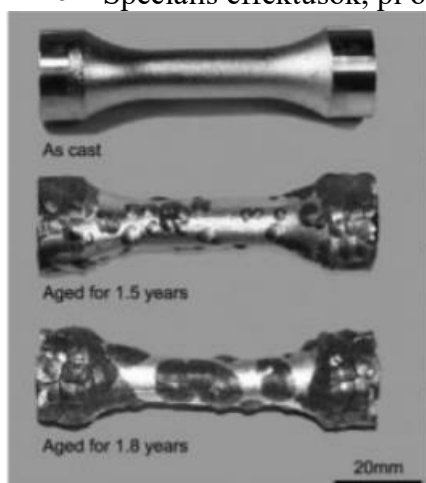
Mechanikai, szerkezeti degradáció, gyengülés (pl. szigetelési tulajdonságok romlása).  
Bizonyos anyagok meglágyulnak (gyanták, kenőanyagok) esetleg megolvadnak.

- A hőmérséklet növekedés nem kívánt kémiai reakciók elindulásához vezethet
- Növekedhet a korróziós hajlam
- Gyorsul a diffúzió, IMC réteg növekedés, ón „whisker” jelenségek



## 6. Milyen nem kívánt effektusokat idéz elő az alacsony hőmérséklet az elektronikus áramkörökben?

- A szerkezeti anyagok rideggé, merevvé, törékennyé válhatnak
- Változnak (ellentétes irányban) az elektromos tulajdonságok is
- Speciális effektusok, pl ón pestis.



## 7. Milyen nem kívánt effektusokat idéz elő a hőmérsékletváltozás az elektronikus áramkörökben?

- Az egymással szoros hőcsatolásban lévő anyagok esetén a rétegek között mechanikai feszültségek lépnek fel
- Az ismételt (gyors) felmelegedési és lehülési folyamatok mechanikai degradációhoz, töréshez vezethetnek - forrasztörés.



## 8. Milyen nem kívánt effektusokat idéz elő a légnedvesség az elektronikus áramkörökben?

Relatív nedvességtartalom: a T hőmérsékletű vízgőz telítettségét fejezi ki:  $RH = P/P_{sat} * 100 \%$

- $P_{sat}$  egy adott T hőmérsékleten a szaturációs gőznyomás, ahol a vízgőz már kicsapódik (zárt térben 1 atm-nál nagyobb is lehet!)

Fizikai tulajdonságok változása:

- Méret- és súlyváltozás a duzzadás miatt
- Súrlódási együttható változása
- Mechanikai szilárdság változása

Villamos tulajdonságok változása

- Szigetelő anyagok átütési szilárdsága, szigetelési ellenállása csökken
- Kondenzátorok veszteségi tényezője és kapacitása nő
- Elektrokémiai migráció

Speciális meghibásodás az „elektrokémiai migráció”

- Egymáshoz közel haladó vezetékek esetén
- Az elektrolitban megindul a fémion vándorlás az anód felé
- Különösen kritikus Ag tartalmú ólommentes forrasztóanyag vagy felületi bevonat esetén



## 9. Milyen gyorsított élettartam vizsgálatokat ismer, definiálja a gyorsítási faktor fogalmát!

Gyorsított élettartam tesztek:

- HTSL – High Temperature Storage Life
- TC – Thermal Cycle
- TS – Thermal Shock
- THB – Temperature, Humidity and Bias
- HAST – Highly Accelerated Stress Test (temperature, humidity, pressure)
- Vibrációs tesztek

Gyorsítási faktor:  $AF = \frac{t_{life}}{t_{test}} = f(S)$

ahol:  $t_{life}$ : normál élettartam,  $t_{test}$ : vizsgálati élettartam,  $S$ = vizsgálati (stressz) körülmények. pl.: SU – feszültség, ST - hőmérséklet, SRH – relatív nedvesség stb.



### 10. Milyen élettartam modelleket ismer? Melyik milyen környezeti hatást modellez?

- Hőmérséklet hatása – Arrhenius modell
- Hőmérséklet változás hatása – Coffin –Manson modell
- Behatoló nedvesség hatása

Összetett modellek:

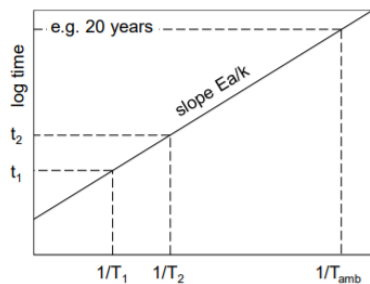
- Hőmérséklet – villamos hatás – Eyring modell
- Hőmérséklet – behatoló nedvesség - villamos hatás – Peck, vagy S-H modell

### 11. Definiálja az aktivációs energiát! Hogyan határozható meg az Arrhenius modell esetén?

Aktivációs energia:

- Egy kémiai folyamat lejátszódásához a kiindulási vegyületeknek aktivált állapotba kell kerülniük.
  - Az ehhez szükséges energia az aktivációs energia.
  - Értéktartománya: 0,3eV...1,5eV
  - Az aktiválás mindig energiafelvételt jelent.
  - Minden anyaghoz, alkatrészhez, folyamathoz, berendezéshez külön aktivációs energia tartozik
- Az adott tesztet különböző hőmérsékleten elvégezve a mért MTTF értékekből.
  - Csak abban az esetben érvényes ha az Arrhenius modellt valóban leírja az alkalmazott teszt körülményt. Pl.:

$T_1 = 150\text{ °C} \rightarrow t_1 = 300\text{ óra}$   
 $T_2 = 100\text{ °C} \rightarrow t_2 = 4000\text{ óra}$



$$E_a = k \cdot \frac{\ln\left(\frac{t_2}{t_1}\right)}{\left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right]} = \frac{8.615 \cdot 10^{-5} \cdot \ln\left(\frac{4000}{300}\right)}{\frac{1}{373} - \frac{1}{423}} \cong 0.68\text{eV}$$

Arrhenius modell esetén:

**Arrhenius modell használata:**

magas hőmérsékletű vizsgálat tervezése ismert aktivációs energia esetén:

$$t = \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right) \Rightarrow \ln(t) = \frac{E_a}{k} \cdot \frac{1}{T}$$

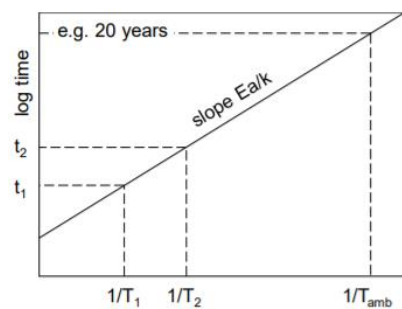


Table 7. Acceleration factors and test durations required to simulate 20 years life at 100°C

Test Temperature (°C)	Acceleration Factor	Test Duration (hours)
125	66	2700
150	315	600
160	555	320