



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Elektronikai Technológia Tanszék

Elektronikai Gyártás

Áramköri hordozók - nyomtatott huzalozású lemezek
mintázatkialakításának tervezési irányelvei

A mintázatkialakítás tervezési irányelvei: 1/37

Az áramköri hordozók alapanyagai

	Nyomatott huzalozású lemez	Üveg kerámia (LTCC)	Kerámia (HTCC)	Vékonyréteg
Alap hordozó				Al ₂ O ₃ , AlN, BeO, Si, Cu, üveg/kerámia
Vezetőpályák anyaga	Cu	Au, Ag, PdAg, Cu	W, Mo	Au, Al, Cu
Dielektrikum	Epoxi/üveg Poliimid Bismaleimid-triazin-epoxy / üveg Cianid észter/üveg	Üveg/kerámia	Kerámia (Al ₂ O ₃)	SiO ₂ , poliimid
Felhasználási terület	Kereskedelmi célú áramkörök	Nagy teljesítményű áramkörök, autóelektronika	Aktív RC szűrők, katonai célú elektronikai	Nagy megbízhatóságú, nagy pontosságú ellenállás-hálózatok, A/D-D/A átalakítók

A mintázatkialakítás tervezési irányelvei: 2/37

Hajlékony (flexibilis) nyomtatott huzalozású hordozók

A szigetelő alaplemez vázanyag nélküli műanyag fólia:
poliészter (mylar)
poliimid (kapton)
PTFE (teflon)

Kialakítási módok:

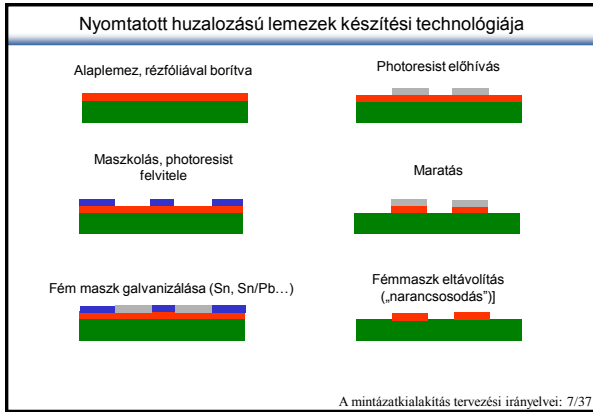
1. műanyag fóliára réz (Cu) fóliát ragasztanak vagy visznek fel
2. réz (Cu) fólia felületén állítják elő a műanyag réteget

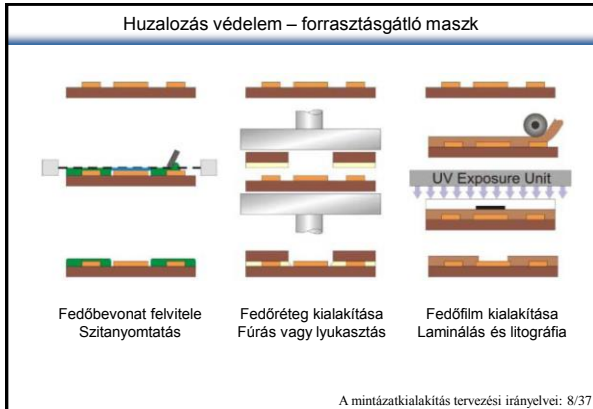
Felhasználás:

- mozgó szerelvények összekapcsolása,
- rezgésálló berendezésekben, mert kicsi a tömeg,
- 3D szerelvények összekapcsolása.



A mintázatkialakítás tervezési irányelvei: 3/37





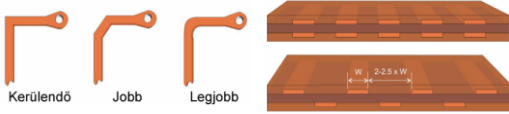
- ### Áramköri mintázat-kialakítás alapelvei
- Az alkatrész forraszterek, pad-ek, csatlakozó felületek a technológiának és alkatrésznek megfelelő raszterben tervezendők (hagyományosan 2,54; SMT 1,27, v. kisebb.).
 - Furatszerelt alkatrészek egy oldalon, SMT mindkettőn elhelyezkedhet
 - Fésűszerű táp-föld hozzávetetés, többrétegűnél a belső rétegek táp-föld fólia kialakítása.
 - Indokolatlan nagy, összefüggő felületek kerülendők (forrasztáskor hőelvonók).
 - A huzalozás tervezésénél az éles sarkok, csúcsok kerülendők.
- A mintázatkialakítás tervezési irányelvei: 9/37

Huzalozás tervezés hajlékony hordozókon

Ajánlott, hogy a huzalozás irányváltásának szöge kisebb legyen, mint 90° , mert a maratószer bent maradhat az éles sarkokban, ezzel csökkentve a vezeték keresztmetszetét.

Ezenkívül nagyfrekvenciás alkalmazások miatt is ajánlott a lekerekített sarkok, mert kisebb a reflexió, mint a sarkos kivételénél.

Több rétegű huzalozás esetén az egymás felett húzott vezetöket kerülni kell a hajlítási-hajtási területeknél.



A mintázatkiakítás tervezési irányelvei: 10/37

Design for Assembly – Szerelhetőre tervezés

Csökkentünk 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.

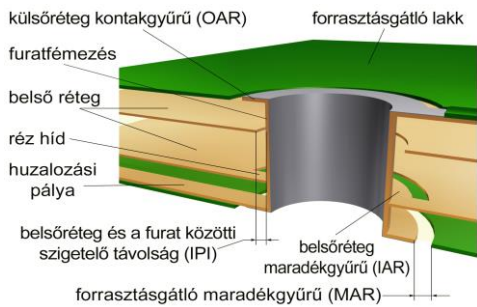
Két alkatrész rajzolatát ne tervezzük túl közel a rövidzár veszélye miatt.

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).

A mintázatkiakítás tervezési irányelvei: 11/37

Tervezési irányelvek – kontaktusfelületek méretezése furatszerelt alkatrészekhez

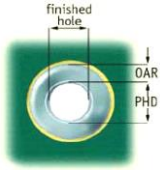


A mintázatkiakítás tervezési irányelvei: 12/37

Példa az NYHL gyártás technológiai határára - a fúrőszerszám mérete

PHD (Production Hole Diameter - fúrőszerszám átmérő)

kész furat méret + 0.15 mm (6 mil) fémezett furatoknál
 kész furat méret + 0.10 mm (4 mil) átvezetőknél
 kész furat méret + 0.05 mm (2 mil) nem fémezett furatoknál



**Legkisebb fúrőszerszám:
0,25 mm (10 mil)**

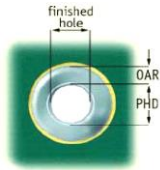
Kész furat méret (finished hole)	Minimum		Standard	
	mil	mm	mil	mm
Fémezett furat	4	0,1	6	0,15
Nem fémezett furat	10	0,25	12	0,3

A mintázatkialakítás tervezési irányelvei: 13/37

Példa az NYHL gyártás technológiai határára - a forrsem mérete

Outerlayer Annular Ring - külsőréteg kontaktgyűrű
 $OAR = 1/2 \times (\text{külsőréteg forrsem} - PHD)$

Innerlayer Annular Ring - belsőréteg kontaktgyűrű
 $IAR = 1/2 \times (\text{belsőréteg forrsem} - PHD)$



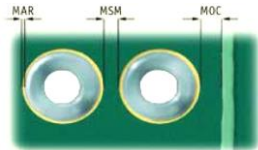
Minimum		Standard	
mil	mm	mil	mm
8	0,2	8	0,2

A mintázatkialakítás tervezési irányelvei: 14/37

Példa az NYHL gyártás technológiai határára - a forrasztásgátló lakk ablaka

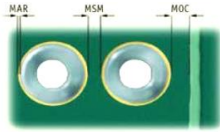
SolderMask Annular Ring - forrasztásgátló lakk maradékgyűrű

$MAR = 1/2 \times (\text{forrasztásgátló lakk ablak} - \text{forrsem})$
 MGL: (Photo imageable soldermask, fotólitográfias lakk)
 MZD: (Screenprinted soldermask, szitanyomatott lakk)
 MSM: (Soldermask Segment, lakk híd)
 MOC: (Soldermask Overlap Clearance, lakk túlnyúlás)



A mintázatkialakítás tervezési irányelvei: 15/37

Példa az NYHL gyártás technológiai határára - a forrasztásgátló lakk ablaka

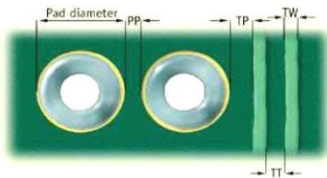


		Minimum		Standard	
		mil	mm	mil	mm
MAR	MGL	1	0,025	2,5	0,06
	MZD	8	0,2	12	0,3
MSM	MGL	4	0,1		
	MZD	8	0,2		
MOC	MGL	5	0,125		
	MZD	8	0,2		

A mintázat kialakítás tervezési irányelvei: 16/37

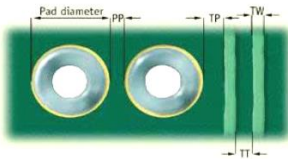
Példa az NYHL gyártás technológiai határára - huzalozás szélessége és távolsága

- TW** (Trackwidth - vezető szélesség)
- TT** (Track to track spacing - vezetők közti szigetelő távolság)
- TP** (Track to pad spacing - forrsem vezető távolság)
- PP** (Pad to pad spacing - forrszemek közötti távolság)



A mintázat kialakítás tervezési irányelvei: 17/37

Példa az NYHL gyártás technológiai határára - huzalozás szélessége és távolsága

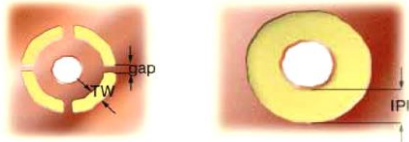


	Minimum		Standard	
	mil	mm	mil	mm
TW	4	0,1	10	0,25
TT	4	0,1	10	0,25
TP	4	0,1	10	0,25
PP	4	0,1	10	0,25

A mintázat kialakítás tervezési irányelvei: 18/37

Példa az NYHL gyártás technológiai határára -réz híd és a belseőréteg szigetelés

Gap (Réz híd a hőelvezető-, áramvezető felületeknél)
IPI (Innerlayer Pad Insulation - belseőréteg és a furat közötti szigetelő távolság)

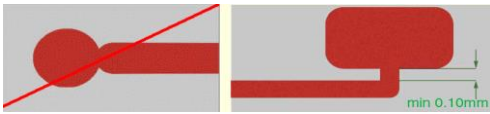


	Minimum		Standard	
	mil	mm	mil	mm
Gap	6	0,15	8	0,2
IPI	10	0,25	12	0,3

A mintázatkialakítás tervezési irányelvei: 19/37

Tervezési irányelvek – csatlakozás kontaktus-felülethez és a tápréteg kialakítása

Kontaktusfelülethez csatlakozó vezetősáv, csatlakozzon teljes szélességében, az elfordulás min. 0,1 mm-re legyen!



Tápréteg szigetelő távolsága a kártya élhez viszonyítva legalább 250 µm (10 mil) legyen! Kerülendő a be nem kötött réz felületek alkalmazása!

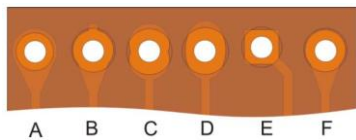
- X: a tervezési szabályoknak megfelelően
- A: kerülendő
- B: ajánlott



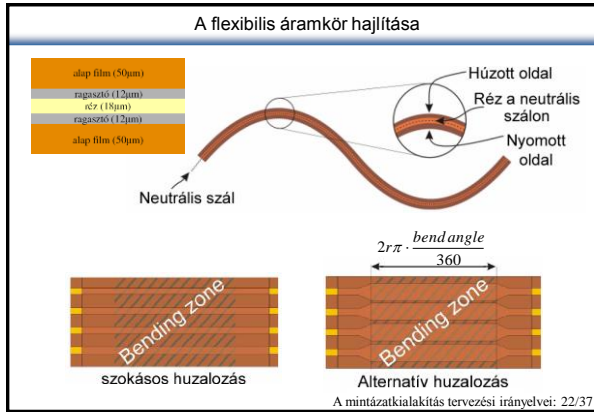
A mintázatkialakítás tervezési irányelvei: 20/37

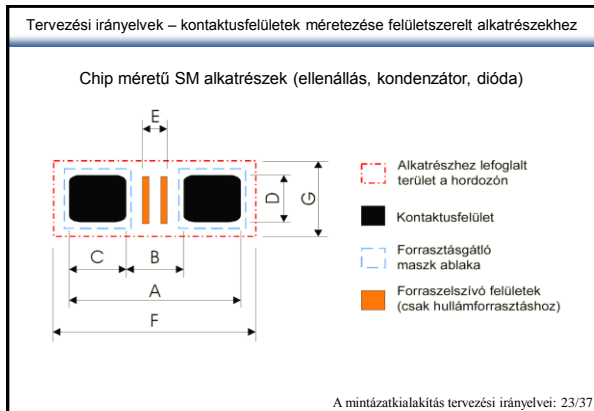
Forrasztási felületek és azok csatlakozásai – hajlékony hordozó

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



A mintázatkialakítás tervezési irányelvei: 21/37





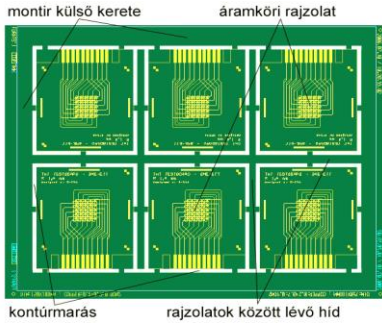
Tervezési irányelvek – kontaktusfelületek méretezése felületszerelt alkatrészekhez

Chip méretű SM alkatrészek (ellenállás, kondenzátor, dióda) Újraömlésztéses forrasztáshoz ajánlott méretek

Méret kód	Rajzolat méretei [mm]							Beültetési pontosság
	A	B	C	D	E	F	G	
0201	0,75	0,30	0,30	0,30	-	1,10	0,50	±0,05
0402	1,50	0,50	0,50	0,60	-	1,90	1,00	±0,15
0603	2,10	0,90	0,60	0,90	-	2,35	1,45	±0,25
0805	2,60	1,20	0,70	1,30	-	2,85	1,90	±0,25
1206	3,80	2,00	0,90	1,60	-	4,05	2,25	±0,25
1218	3,80	2,00	0,90	4,80	-	4,20	5,50	±0,25
2010	5,60	3,80	0,90	2,80	-	5,85	3,15	±0,25
2512	7,00	3,80	1,60	3,50	-	7,25	3,85	±0,25

A mintázatkialakítás tervezési irányelvei: 24/37

Tervezési irányelvek – a hordozó mérete



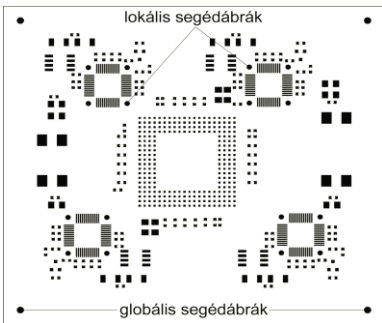
A mintázatkiakítás tervezési irányelvei: 28/37

Tervezési irányelvek – pozicionálást segítő ábrák (fiducials)

- Pozicionálást segítő ábrák használatosak arra, hogy a szerelés fázisaiban a hordozó pozicionálását a lehető a legpontosabban lehessen elvégezni (pl. hordozó pozicionálása stencilhez, illetve az alkatrészek elhelyezésénél a koordináta tengely 0,0 pontjának meghatározása)
- A segéd ábrákat szintén a rézrétegre kell tervezni.
- Megkülönböztetünk globális és lokális segédábrákat (global and local fiducials). Ezenkívül montirozott áramkörök esetén még a montir keretén is alkalmaznak segédábrákat.
- A segédábrákat nem szabad forrasztásgátló lakkal takarni a nagyobb kontraszt érdekében.

A mintázatkiakítás tervezési irányelvei: 29/37

Tervezési irányelvek – pozicionálást segítő ábrák (fiducials)



A mintázatkiakítás tervezési irányelvei: 30/37

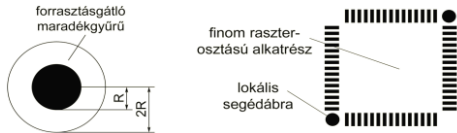
Tervezési irányelvek – globális segédábrák (global fiducials)

- Legalább három globális segédábra alkalmazása ajánlott, a hordozó lehető legtovábbi 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 µm, 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.

A mintázatkiakítás tervezési irányelvei: 31/37

Tervezési irányelvek – lokális segédábrák (local fiducials)

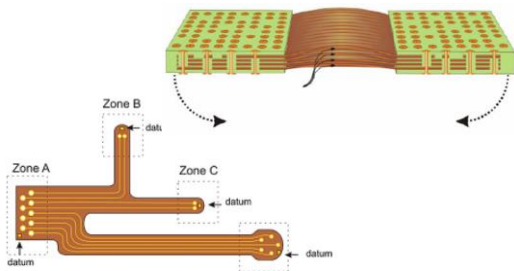
- Lokális segédábrákat kell alkalmazni azoknál az IC-knél, amelyeknek raszter-osztása kevesebb, mint 0,63 mm.
- Legalább két segédábrát kell alkalmazni az alkatrész két átellenes sarkában.
- A segédábra minimális átmérője 1 mm, toleranciája 25 µm.
- A forrasztásgátló maradékgyűrű ajánlott átmérője a 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 mintázatkiakítás tervezési irányelvei: 32/37

Referenciajelek alkalmazása

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



A mintázatkiakítás tervezési irányelvei: 33/37

Ellenőrző kérdések

1. Definiálja a hőtágulási együttható és az üvegesedési hőmérséklet fogalmát áramkört hordozók esetére.
2. Ismertesse a nyomtatott huzalozású hordozók mintázatának kialakítási alapelveit, ismertesse a szerelhetőre tervezés alapjait.
3. Részletesen mutasson be rajzokkal egy furatszerelésre alkalmas 4 rétegű szerelőlemez felépítését.
4. Ismertesse a hajlékony hordozók huzalozás védelmének lehetőségeit
5. Mutassa be a forrasztási felületek és azok csatlakozásainak tervezési irányelveit hajlékony hordozójú áramkörök esetére
6. Mutasson be rajzzal részletezve egy montirozott áramkört.
7. Mutasson be rajzzal részletezve egy felületszerelt, chipméretű diszkrét passzív alkatrészhez alkalmas szerelőlemez-rajzolatot.
8. Ismertesse az illesztést segítő ábrák (fiducial) tervezési irányelveit.
9. Ismertesse az SMD (Solder Mask Defined) és az NSDM (Non Solder Mask Defined) forrasztásgátló kialakítási módokat.

A mintázatkialakítás tervezési irányelvei: 37/37

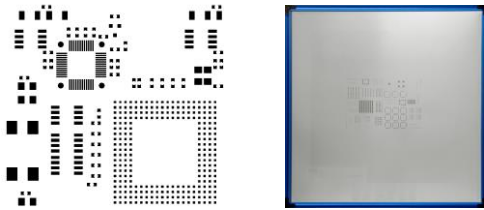
Stencilek tervezési irányelvei Pin-in-paste technológia

Elektronikai Gyártás és Minőségbiztosítás
BMEVIETAC05

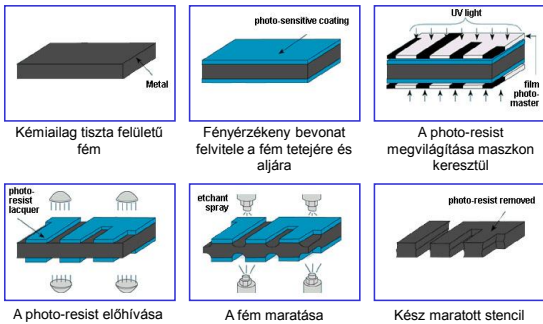
Sablon (stencil) készítmény technológiák

A három legelterjedtebb stencil készítmény technológia a kémiai maratás, a lézerrel vágás és a galvanoplasztika.

A stencilket az ablak (apertúra) keresztmetszete és az apertúra falának érdessége szerint sorolhatjuk minőségi kategóriákba.



Kémiai maratás lépései



Kémiai maratott stencilek apertúra keresztmetszete



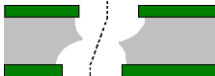
1 oldalról maratott stencil -
alámaródás



2 oldalról maratott stencil -
„homokóra” keresztmetszet



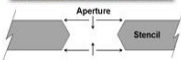
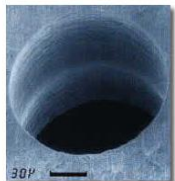
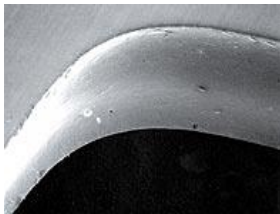
1 oldalról maratott stencil -
„galléréképződés”



Kétoldali előhívófilm
pozícióhibája

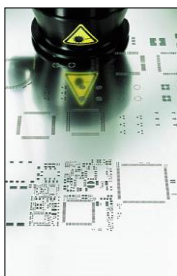
Kémiai maratott stencilek

- Szubtraktív technológia, alacsony költségű ~ 10.000 Ft., az árat a stencil mérete határozza meg.
- „Homokóra” keresztmetszetű apertúra, a stencil anyaga: sárgaréz vagy bronz.
- 0.63 mm raszterosztás felett ajánlott.



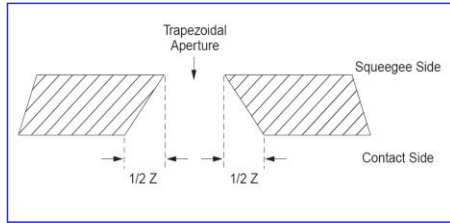
Lézerrel vágott stencilek

- Szubtraktív technológia, az árat az apertúrák száma határozza meg,
- trapéz keresztmetszetű apertúra,
- anyaga: rozsdamentes acél, nikkal
- 0,4 mm raszter-osztás felett ajánlott.



Lézerrel vágott stencilek

Trapéz keresztmetszetű apertúra segíti a paszta eleresztését. Apertúrákat a hordozó felőli oldalról vágják.

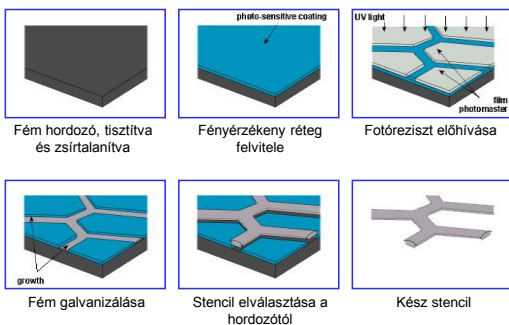


Galvanoplasztikai eljárással készített stencilek

- Additív technológia, az árat a stencilfólia vastagsága határozza meg,
- trapéz keresztmetszetű apertúra,
- anyaga: nikkell
- finom raszter-osztású alkatrészek alkalmazása esetén ajánlott, akár 0,2mm-ig.



Galvanoplasztikai eljárással készített stencilek



Fém hordozó, tisztítva és zsirtalanítva

Fényérzékeny réteg felvittele

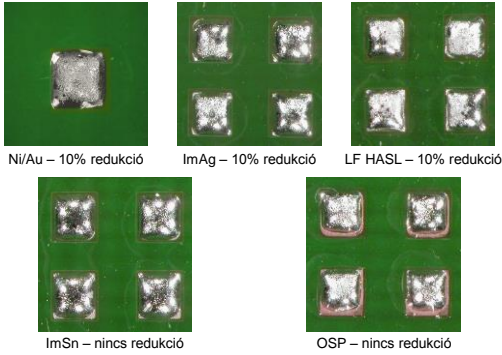
Fotóreziszt előhívása

Fém galvanizálása

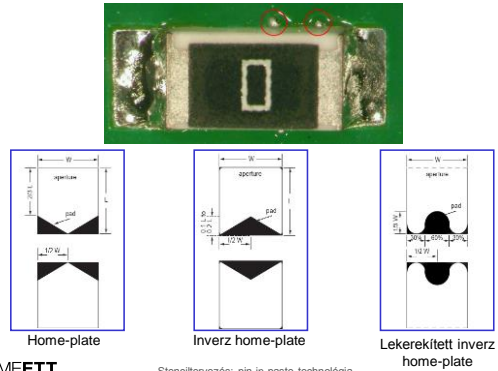
Stencil elválasztása a hordozótól

Kész stencil

Stenciltervezési irányelvek SM alkatrészekhez



Stenciltervezési irányelvek SM alkatrészekhez



Stenciltervezés finom osztású alkatrészekhez

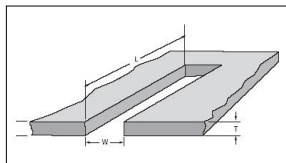
Nyomatási hatékonyság: a hordozóra felvitt paszta térfogatának és az apertúra térfogatának a hányadosa. A stencil szempontjából három tényező befolyásolja:

- **stencilkészítési technológia,**
- **méretarány** (aspect ratio - AS): az apertúra kisebbik méretének, és a stencilfólia vastagságának a hányadosa. Legyen nagyobb, mint 1,5.
- **terület-falfelület arány** (area ratio - AR): az apertúra térfogatának és az apertúra falfelületének a hányadosa; legyen nagyobb, mint 0,66.

$$TE = \frac{\text{Applied_paste_volume}}{\text{Aperture_volume}}$$

$$AR = \frac{\text{Pad_area}}{\text{Aperture_wall_area}} = \frac{W \cdot L}{2 \cdot (W + L) \cdot T}$$

$$AS = \frac{\text{Aperture_width}}{\text{Stencil_foil_thickness}} = \frac{W}{T}$$

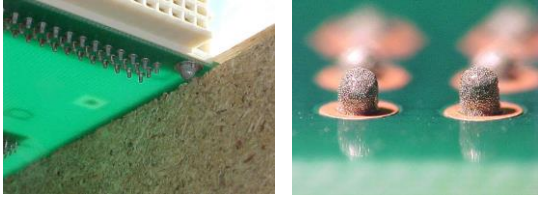


Pin-in-paste technológia

Furat- és felületszerelt alkatrészek forrasztása egy lépésben újraömléses (reflow) technológiával.

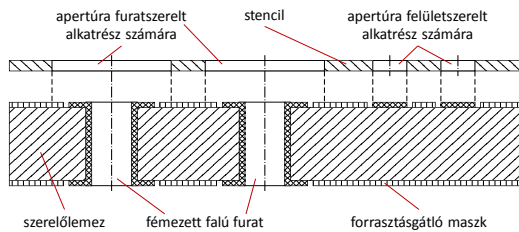
Az alkatrészekkel szemben támasztott követelmények:

- tokozásuk bírja az újraömléses forrasztás csúcshőmérsékletét,
- úgy legyenek csomagolva, hogy a beültető gépek tudják kezelni azokat.



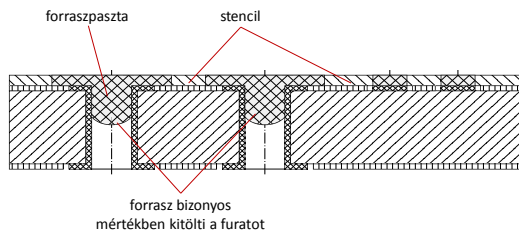
A „pin in paste” technológia lépései

0. Kiindulás



A „pin in paste” technológia lépései

1. Stencilnyomatás



A „pin in paste” technológia lépései

2. Alkatrészek beültetése

furatszerelt alkatrész kivezetése

felületszerelt alkatrész

alkatrész kivezetése pasztát tol át a túloldalra

BMEETT Stenciltervezés; pin-in-paste technológia 19/30

A „pin in paste” technológia lépései

3. Forrasztás

furatszerelt alkatrész kivezetése

forrasztott kötés

forrasztott kötés

forrasztásgátló maszk

BMEETT Stenciltervezés; pin-in-paste technológia 20/30

A „pin in paste”-hez szükséges pasztamennyiség

szereplőlemez

d_{furat}

r_{min}

$h_{\text{hurdaló}}$

forrasztott kötés

alkatrész-kivezetés

$S = \text{forraszpasztasza térfogat-csökkenési tényezője, } \sim 2$

$V_{\text{forraszt., a. farokhas}} = V_{\text{furat}} - V_{\text{alk., kivezetés}}$
 $(\pi \cdot r_{\text{furat}}^2 - A_{\text{alk., kivezetés}}) \cdot h_{\text{hurdaló}}$

$A_{\text{min}} = 0,215r_{\text{min}}^2$

$t = 0,2234r_{\text{min}}$

$X = 0,2234r_{\text{min}} + a$

$K_{\text{min}} = 2\pi X$

$V_{\text{min}} = A_{\text{min}} \cdot K_{\text{min}}$
 $0,215r_{\text{min}}^2 \cdot 2\pi(0,2234r_{\text{min}} + a)$

$V_p = (1/S) \cdot [(\pi \cdot r_{\text{furat}}^2 - A_{\text{alk., kivezetés}}) h_{\text{hurdaló}} + 2 \cdot (0,215r_{\text{min}}^2 \cdot 2\pi(0,2234r_{\text{min}} + a))]$

BMEETT Stenciltervezés; pin-in-paste technológia 21/30

A szükséges furatkitöltés mértéke

1. Legfinomabb raszterosztású alkatrész megkeresése
2. Stencilfólia vastagságának meghatározása

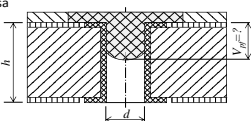
$$t \leq \frac{w \cdot l}{2(w+l) \cdot 0,66}$$
3. Furatszerelt alkatrészhez szükséges forraszpaszta-mennyiség meghatározása

$$V_{\text{mennyiség}} = (1/S)(V_{\text{furat}} - V_{\text{al-kivezetés}} + 2V_{\text{menekély}})$$
4. Apertúra tervezése furatszerelt alkatrészhez túlnyomatást figyelembevéve
5. Furatszerelt alkatrészhez tartozó apertúra térfogatának meghatározása

$$V_{\text{apertúra}} = w \cdot l \cdot t$$
6. Furatba juttatandó pasztamennyiség meghatározása

$$V_{\text{pf}} = V_{\text{mennyiség}} - V_{\text{apertúra}}$$
7. Furatkitöltés százalékos értékének meghatározása

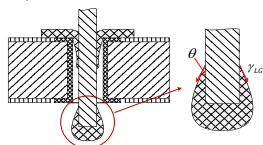
$$V_{\text{pf}} (\%) = \frac{V_{\text{pf}}}{V_{\text{furat}}}$$
8. A stencilnyomatási folyamatparamétereinek optimalizálása a $V_{\text{pf}} (\%)$ eléréséhez



A furatszerelt alkatrészhez felvitt forraszpaszta-mennyiség módosítása - csökkentés

Ha $\frac{d}{h} > \frac{2}{1}$, akkor stencilnyomatás után a $V_{\text{pf}} (\%)$ értéke túl nagy lehet
 → alkatrészkievető túl sok forraszpasztát túl át a túoldalra

Összeolvadás feltétele:



$$F_{\text{grav}} = \rho V g \ll F_{\text{fel-fesz}} = 2\pi r \cdot \gamma_{\text{LG}} \cdot \cos \theta$$

Keresztel kitakart apertúrák:



A furatszerelt alkatrészhez felvitt forraszpaszta-mennyiség módosítása - növelés

Ha $\frac{d}{h} < \frac{1}{2}$, akkor stencilnyomatás után a $V_{\text{pf}} (\%)$ értéke túl kicsi lehet
 → zárványképződés, elégtelen mértékű forrsem- és kivezető nedvesítés
 → forraszpaszta mennyiségének növelése szükséges

Továbbá, ha a 22. dia szerinti számításkor a szükséges $V_{\text{pf}} (\%)$ értéke meghaladja a 100%-ot
 → forraszpaszta mennyiségének növelése szükséges

Forraszpaszta mennyiségének növelése:

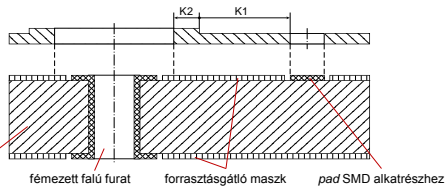
- Túlnyomatás, mint CBGA alkatrészeknél...
- Lépcsős stencilék...
- Nyomatás két lépésben...
- Preform forraszok...

Lépcsős stencilek

Additív technológia galvanizálással, vagy szubtraktív kialakítás kémiai maratással.
Tervezési szabályok:

A lépcső magassága legfeljebb 75 µm legyen.
K1: távolság a lépcső éle és a legközelebbi felületszerelt alkatrész között legyen minimum a lépcsőmagasság 36 szorosa.

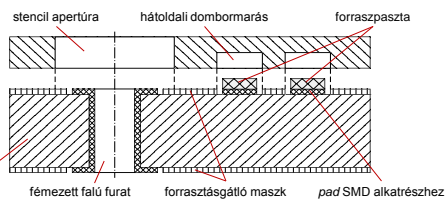
K2: legyen minimum 0,65 mm.



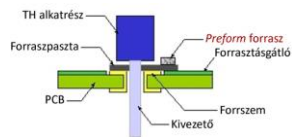
Nyomatás két stencillel

Első nyomatás a finom raszter-osztású, felületszerelt alkatrészekhez megfelelő vastagságú stencillel (125...175 µm).

Második nyomatás a furatszerelt alkatrészekhez megfelelő vastagságú stencillel (400...760 µm), a felületszerelt alkatrészek helyénél hátoldali dombormarás a paszta elkenődésének megakadályozására. Dombormarás mélysége minimum 200 µm legyen.



Preform forraszok

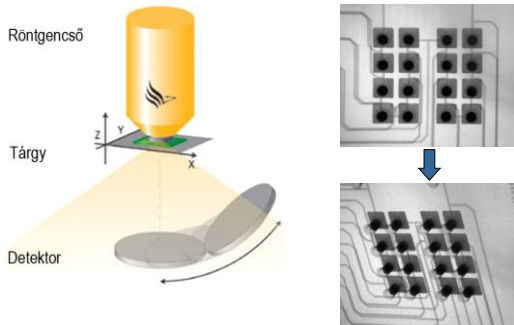


SMR Preform forraszok térfogata

Méretkód	Méret [mm]	Térfogat [mm ³]
0201	0,254 x 0,508 x 0,254	0,0328
0402	0,508 x 1,016 x 0,508	0,2622
0603	0,762 x 1,524 x 0,762	0,8849
0805	1,270 x 2,032 x 1,270	3,2774

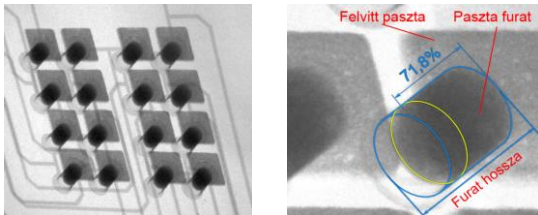


Dönthető detektoros röntgen mikroszkóp



Furatkitöltés mérése PIP technológiánál

A stencilnyomtatásnál szükséges a furatkitöltés mérése annak érdekében, hogy az egész forrasztási folyamatot kézben tartsuk. A furatkitöltés dönthető detektoros röntgen mikroszkóppal mérhető. Lassú mérési eljárás, folyamatszabályozásnál csak mintavételes ellenőrzés valósítható meg.



Ellenőrző kérdések

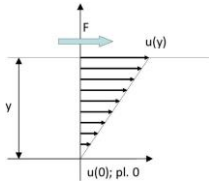
- Ismertesse a három legelterjedtebb stencilkészítési technológiát!
- Ismertesse az alapvető stenciltervezési irányelveket a felületszerelt alkatrészekhez (redukció, fóliavastagság meghatározása, PBGA-CBGA alkatrészek)!
- Ismertesse a forrasztóképződés hibamechanizmusát és mutasson be apertúraterveket ennek kiküszöbölésére!
- Ismertesse a stenciltervezési eljárást Pin-in-paste technológiához, valamint a szükséges furatkitöltés százalékos értékének meghatározási eljárását
- Ismertesse Pin-in-paste technológia esetére a felvitt forrasztáspaszták mennyiségének növelésének, csökkentésének lehetőségeit, valamint az alsó- és felsőoldali forrasztáspaszták részleges forrasztás közbeni összeolvadásának feltételét

Forraszpaszták reológiai tulajdonságai Stencilnyomtatás folyamata

Elektronikai Gyártás és Minőségbiztosítás
BMEVIETAC05

Viszkózitás

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



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

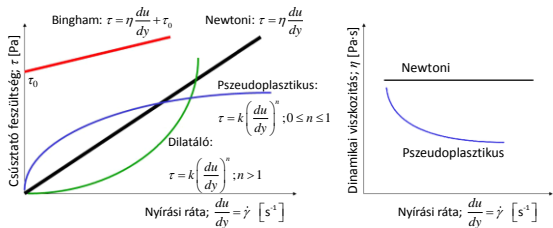
Nyírási ráta (sebességgradiens):
 $\dot{\gamma} = \frac{du}{dy} \left[\frac{1}{s} \right]$

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

Kinematikai viszkózitás:
 $\nu = \frac{\eta}{\rho}$, ahol ρ a folyadék sűrűsége

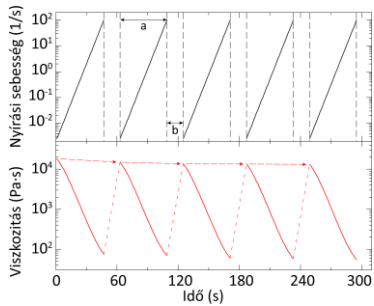
Nem-newtoni közegek

Ezen közegeknél nem áll fenn egyenes arányosság a sebességgradiens és a nyírófeszültség között. Viszkózitásuk csak ún. látszólagos viszkózitás (η^*), mely adott nyírófeszültség értékéhez tartozik; a látszólagos viszkózitás változik a nyírófeszültség változásával.



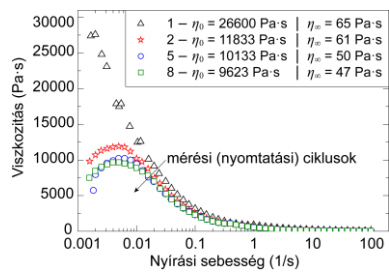
Forraszpaszták tixotrópiája

Mérés rotációs viszkoziméterrel, állásidő beiktatásával a mérések közé (15–60 s)

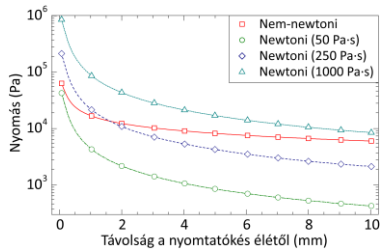


Forraszpaszták tixotrópiája

Ólommentes, Type3 (szemcseméret 25–45 μm) forraszpasztá, állásidő 30 s



Stencilen kialakuló nyomás – nem-newtoni eset



A kés élénél nagyobb a nyírási ráta, mint attól távolabb. Így a nem-newtoni esetben a kés élénél alacsonyabb nyomás, a kés élétől távolabb magasabb nyomás alakul ki a newtoni közegek esetéhez képest.

Stencily nyomtatás lehúzási folyamatának analitikus modellje

Navier-Stokes áramlási egyenlet egyszerűsítése:

- Összenyomhatatlan közeg
- A közeg sűrűsége állandó
- Lamináris áramlás
- A tehetetlenségi erők elhanyagolhatók a viszkozus erőkhöz képest ($Re < 10^{-2}$)
- 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

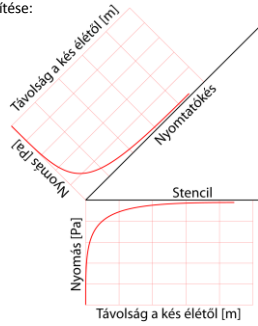
θ – terhelt késszög

η – viszkozitás

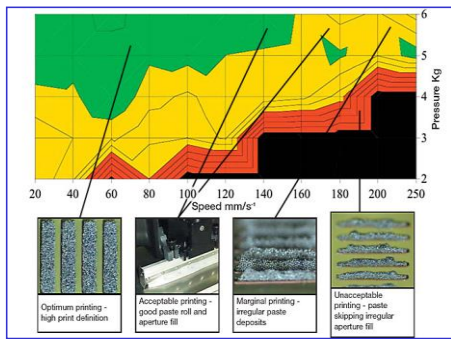
v – nyomtatási sebesség

Terheltlen késszög

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



Nyomatási beállítások



Nyomatási beállítások

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

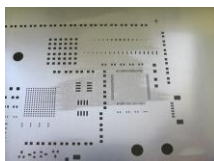
Késerő: 30...120 N, kiindulási érték: késhossz [cm] * 3 = [N],

Elválasztási sebesség: 0,5...8 mm/s

Stenciltisztítás: 5-20 száraz törőkendős, 10-20 nedves törőkendős, vákuumos.

Alátámasztás:

- oszlopos,
- dombormarotott.



Nyomatási hibák



Forraszpaszta eltömi az apertúrát – nyitott kötést

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



Paszta a stencil aljára száradt – rövidzárat okozhat

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



Stenciltervezés és stencilnyomtatás

13/17

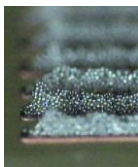
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Nyomatási 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



Stenciltervezés és stencilnyomtatás

14/17

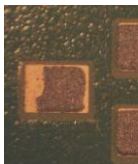
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Nyomatási hibák



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



Részlegesen paszta lenyomat – nyitott kötést okozhat

- A hordozó szennyezett, rosszból tapad a paszta a kontaktusfelülethez



Stenciltervezés és stencilnyomtatás

15/17

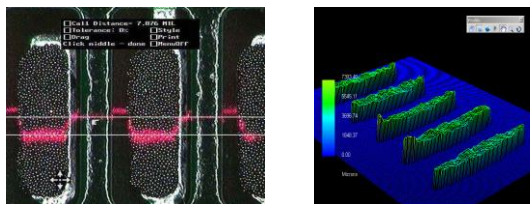
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Pasztalenyomat ellenőrzés

A forraszpaszta-nyomat ellenőrzése lehetséges:

- 2D-s berendezésekkel (vagy körvonal, vagy magasság információ)
- 3D-s berendezésekkel (alaki és térfogati információ)

Lehet inline (gyártósorba illeszthető) és offline kivétel is.



Ellenőrző kérdések

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

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

Ismertesse a stencilnyomatás lehűzési folyamatának analitikus modelljét – Riemer modell!

Ismertesse a főbb stencilnyomatási paramétereket és azok jellemző értékeit! Mutassa be az oszlopos és a dombormaratos alátámasztási rendszert!

Ismertesse a jellemző stencilnyomatási hibákat és azok kiküszöbölési módjait!



Alkatrészbeültetés

Elektronikai Gyártás és Minőségbiztosítás

BMEVIETAC05



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ELEKTRONIKAI TECHOLÓGIÁK TANSZÉK

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MOZGÓTÁLCÁS BEÜLTETŐGÉPEK

A mozgótálcás beültetőgépek rendkívül nagy szérszámú sorozatgyártásra alkalmasak. A szerelőlemezt többnyire egy mozgó tálcára rögzítik, és ezután azt mozgatják a beültetőfejek alá a megfelelő pozícióba.

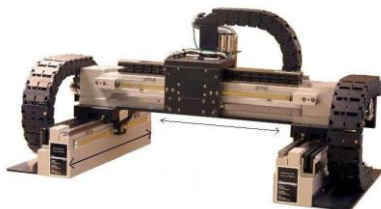


2/17

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HORDOZÓÁLLVÁNYOS BEÜLTETŐGÉPEK

A hordozóállványos beültetőknél a beültetőfej egy állványon mozog, elérve mind az összes alkatrész-adagolót, mind a szerelőlemez teljes felületét. Az alkatrész-adagolók és a szerelőlemez pozíciója rögzített a beültetés közben.

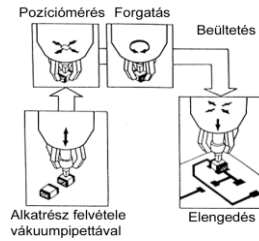
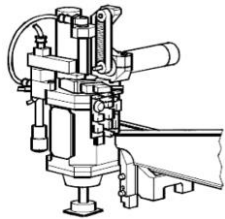


3/17

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

BEÜLTETŐFEJEK – PICK&PLACE

A „megfog és beültet” rendszerű beültetőfejek az alkatrészeket egyesével veszik fel a tárból és egyesével ültetik be azokat a szerelőlemezre. A sebessége ezeknek a fejeknek elérheti akár a 20 000 beültetett alkatrészt óránként. A pontossága ezen fejeknek rendkívül jó (10-20 μm), így a finom raszterosztású integrált áramköröket többnyire ezekkel a fejekkel ültetik be.

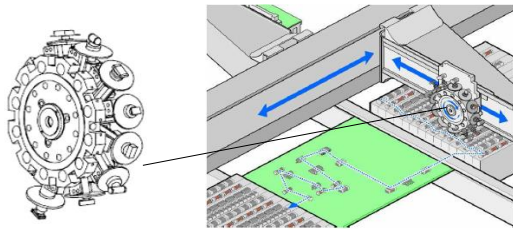


BMEETT

4/17

BEÜLTETŐFEJEK – COLLECT&PLACE

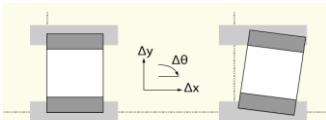
Az „összegyűjt és beültet” rendszerű beültetőfejek először több alkatrészt összegyűjtnek a tárból, majd azokat beültetik a szerelőlemez megfelelő helyeire. Ezen beültetőfejek sebessége elérheti akár a 80 000 beültetett alkatrészt óránként, viszont kevésbé pontosak (20-40 μm), így a passzív SMD alkatrészek beültetésére használják azokat.



BMEETT

5/17

BEÜLTETÉSI HIBÁK

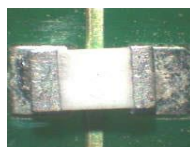
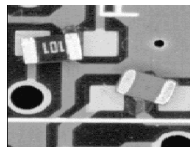


beültetési pontosság =
 beültetőgép pontossága
 + alkatrész méretének pontossága
 + NYHL mintázatának pontossága

Accuracy – pozícióhiba, [μm]
 Repeatability – pozícióhiba szórása [σ]

Egyéb hibák

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



BMEETT

6/17

A STANDARD NORMÁLIS ELOSZLÁS

Sűrűségfüggvénye: $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right]$

Intervallum-szélesség	$\pm\sigma$	$\pm2\sigma$	$\pm3\sigma$	$\pm4\sigma$	$\pm5\sigma$	$\pm6\sigma$
P valószínűség*	0,68268	0,9545	0,9973	0,999936	0,9999994	0,999999998
Hibaráta [ppm] — (1-P) · 1 000 000		2 700	63	0,57	0,02	0,002

* $P(\mu - n\sigma < x < \mu + n\sigma) = \text{erf}\left(\frac{n}{\sqrt{2}}\right)$

ahol erf a Gauss-féle hibafüggvény:

$$\text{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-\xi^2} d\xi$$

BMEETT 10/17

A SZABÁLYOZOTT ÉS SZABÁLYOZATLAN FOLYAMAT

Szabályozatlan folyamat

Szabályozott folyamat

Szabályozott folyamat és kielégíti az elvárásokat

BMEETT 11/17

A HIBARÁTA: PPM ÉS DPMO

PPM (Part per million) és DPMO (Defects per million opportunity) az 1 millió hibahelyre vetített hibarány

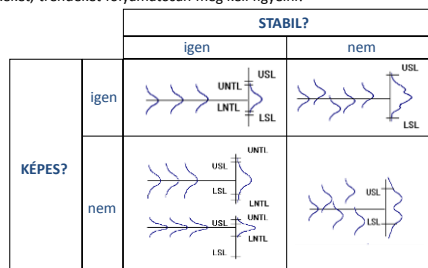
Középpontos eloszlás (ppm)	
1 σ	317 311 hiba/10 ⁶
2 σ	45 500 hiba/10 ⁶
3 σ	2700 hiba/10 ⁶
4 σ	63 hiba/10 ⁶
5 σ	0,574 hiba/10 ⁶
6 σ	0,002 hiba/10 ⁶

Eltolt (1.5) eloszlás (ppm)	
1 σ	697 672 hiba/10 ⁶
2 σ	308 770 hiba/10 ⁶
3 σ	66 811 hiba/10 ⁶
4 σ	6210 hiba/10 ⁶
5 σ	233 hiba/10 ⁶
6 σ	3,4 hiba/10 ⁶

BMEETT 12/17

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!



ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

Ismertessen tipikus alkatrész-beültetési hibákat!

Ismertesse a mérőeszközök ismételtetés és reprodukálhatóság vizsgálatát! Mikor tekinthető elfogadhatónak egy mérőeszköz?

Ismertesse a beültetőgépek beültetési hibájának meghatározására szolgáló abszolút és relatív mérési elvet.

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

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



Újraömlesztéses forrasztási technológia, szelektív hullámforrasztási technológiák

Elektronikai Gyártás és Minőségbiztosítás

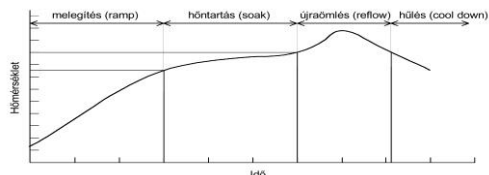
BMEVIETAC05



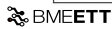
BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Az újraömlesztéses forrasztás hőprofilja



Reflow profil szakasz	SnPb	SnAgCu (ólommentes)
Melegítés (ramp)	Hőmérséklet tartomány: 0-150 °C Hőmérséklet változás: <math><2 \text{ °C/s}</math> Szakaszon töltött idő: 60-150 s	Hőmérséklet tartomány: 0-160 °C Hőmérséklet változás: 2-4 °C/s Szakaszon töltött idő: 60-150 s
Hőntartás (soak)	Hőmérséklet tartomány 150-183 °C Szakaszon töltött idő: 60-90 s	Hőmérséklet tartomány 160-200 °C Szakaszon töltött idő: 60-120 s
Újraömlés (reflow)	Csúcshőmérséklet: 208-230 °C Szakaszon töltött idő: 45-90 s	Csúcshőmérséklet: 230-255 °C Szakaszon töltött idő: 20-60 s
Hűlés (cool down)	Hűlés 130 °C-ig Hőmérséklet változás: 3-4 °C/s	Hűlés 130 °C-ig Hőmérséklet változás: 4-5 °C/s

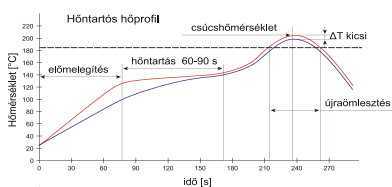


Újraömlesztéses forrasztási technológia

2/22

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Hőntartós és lineáris hőprofilja



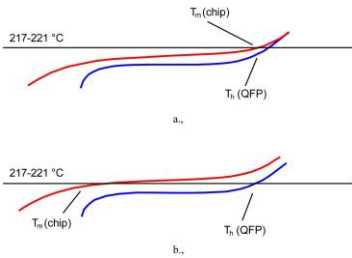
Újraömlesztéses forrasztási technológia

3/22

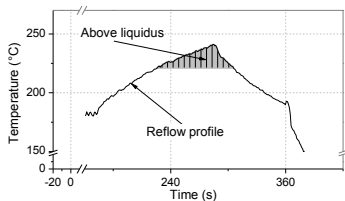
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Az újraömlésztés forrasztás hőprofilja

Kényszerkonvekciós (meleglevégő áramoltatás) – kisebb hőmérséklet eltérés a különböző méretű alkatrészek között.
 Infra fűtéses – nagy eltérés a különböző méretű alkatrészek között, számít az alkatrész tokozásának színe is.

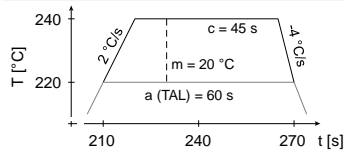


A Q_{η} tényező



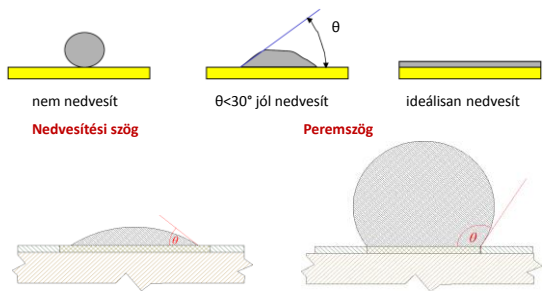
$$Q_{\eta} = \int_{t_1}^{t_2} (T(t) - T_l) dt$$

$t_2 - t_1$: olvadáspont fölött töltött idő
 T_l : olvadáspont



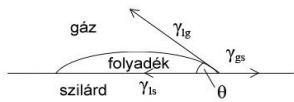
$$Q_{\eta} = \frac{a+c}{2} \cdot m = \frac{60+45}{2} \cdot 20 = 1050 \text{ s} \cdot ^\circ\text{C}$$

FORRASZTÁS - NEDVESÍTÉS



Forrasztás és a fémek anyagi tulajdonságaitól függ
 A fémek geometriai méreteitől és a forrasztás térfogatától függ

A NEDVESÍTÉS STATIKUS EGYENSÚLYA



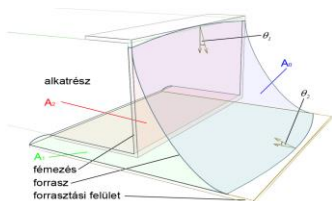
- γ_{LG} – felületi feszültség a folyadék-gáz határfelületen,
- γ_{LS} – felületi feszültség a folyadék-szilárd határfelületen,
- γ_{SG} – felületi feszültség a szilárd-gáz határfelületen.

Young egyenlet:

$$\gamma_{LG} \cdot \cos \theta + \gamma_{SL} = \gamma_{SG}$$

FORRASZPROFIL ALAKJÁNAK MEGHATÁROZÁSA

$$E = E_s + E_G = \int_A \gamma \cdot dA + \iiint_V \rho \cdot g \cdot z \cdot dx dy dz \quad *$$



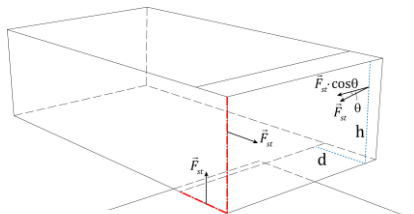
$$E_s = \int_{A_1} \gamma_{LG} dS + \int_{A_2} -\gamma_{LG} \cdot \cos \theta_1 dS + \int_{A_3} -\gamma_{LG} \cdot \cos \theta_2 dS \quad **$$

*) L.M. Racz and J. Székely, "Determination of Equilibrium Shapes and Optimal Volume of Solder Droplets in the Assembly of Surface Mounted Integrated Circuits" ISM International, Vol. 33, 1993, No. 2, pp. 336-342.

***) Xiaohui Zhao, Chongqing Wang, Guosheng Wang, Guanqun Zheng, and Shiqin Yang, "An Integrated System for Prediction and Analysis of Solder Interconnection Shapes" IEEE Transaction on Electronic Packaging Manufacturing, Vol. 23, No. 2, April 2000, pp. 87-92.

EGYSZERŰSÍTETT PÉLDA A HELYREHÚZÓ ERŐRE

0603-as méretkódú alkatrész (1,5x0,75x0,43 mm) – pozícióhiba: 400 μm



h=430 μm

d=260 μm

θ (SAC305, ImAg bevonat): 22°

γ_{LG} (SAC305): 550 mN/m

$$F_{st} = \gamma_{LG} \cdot (h + d) \cdot \cos \theta = 352 \mu N$$

$$F_r = 2 \cdot F_{st}$$

Alkatrészek sérülése forrasztás közben



Alkatrésztok megolvadása:

- ellenőrizni kell az alkatrész adatait,
- ha lehet, módosítani kell a hőprofil újraömlésztés szakaszát.



Alkatrésztok repedése, vagy törése:

- alkatrészek beültetés előtti szárítása,
- maximális forrasztási hőmérséklet csökkentése, ha lehetséges.



Repedt kötés:

- meg kell akadályozni az áramkört hordozó, vagy az alkatrész mozgását,
- csökkenteni kell a hűtés sebességét.

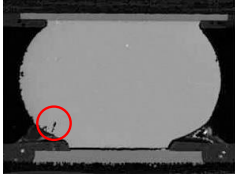


Újraömlésztés forrasztási technológia

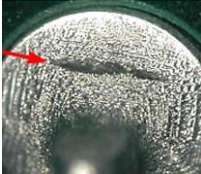
13/22

„Shrinkage defect”

Forrasztott kötés repedése a hőmérséklet tágulási együttható különbségek miatt




BGA tokozású alkatrész kötése



Furatszerelt alkatrész kötése

Ezüst tartalmú forrasztó alkalmazása esetén oka lehet a lassú (<3 °C/s) hűtési gradiens, amely az Ag₃Sn intermetallikus vegyületek sziget szerű kiválását eredményezi. Ezek a szigetek ridegebbek, repedések kiindulási pontja lehet.



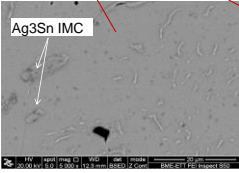
Újraömlésztés forrasztási technológia

14/22

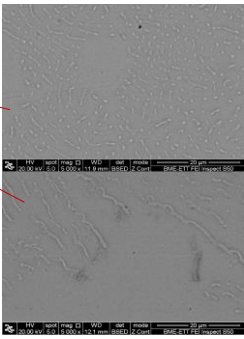
Ag₃Sn intermetallikus vegyületek képződése


Hűtés gradiens 240 és 200 °C között

- 3,6 °C/s
- 0,87 °C/s
- 0,25 °C/s



Ag₃Sn IMC





Újraömlésztés forrasztási technológia

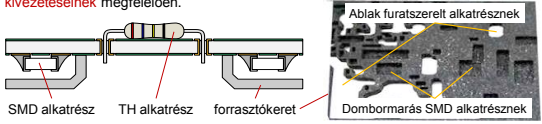
15/22

Szelektív hullámforrasztás

A felületszerelt és furatszerelt alkatrészeket egyaránt tartalmazó áramkörök esetén a felületszerelt alkatrészeket újraömlésztéses 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:

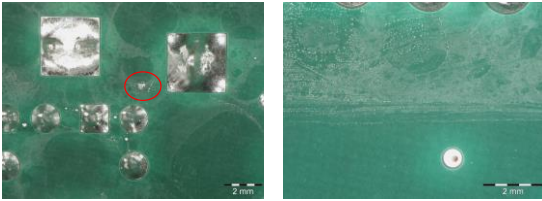
- keretes szelektív hullámforrasztás
- bélyeges forrasztás
- kéményes szelektív hullámforrasztás

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



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Keretes hullámforrasztás hibája



Visszamaradó szennyeződések; forrasztóanyag és forrasztószer maradvány

A forrasztókeret ablakjának éleinek megfelelően folyasztószer maradványok figyelhetők meg

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Bélyeges szelektív hullámforrasztás

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

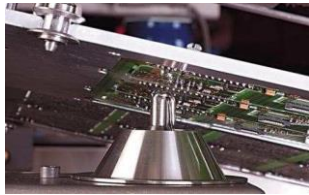
Bélyeges forrasztás szerszáma



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Kéményes hullámforrasztás

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



Ellenőrző kérdések

Ismertesse a hőtartós és a lineáris hőprofil, azok tulajdonságait, előnyeit, hátrányait! Definiálja a Q_T tényezőt!

Ismertesse a forrasztási profilok alakjának meghatározására szolgáló általános összefüggést, valamint levezetéssel adja meg a felületi feszültségből származó energia összefüggését, ha határfeltételként azt szabjuk, hogy a forrasztás nem nedvesít végig a forrasztási felületeken!

Ismertesse az Arrhenius diagram felvételének menetét!

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

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

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



Az elektronikai gyártás ellenőrző berendezései

Elektronikai Gyártás és Minőségbiztosítás
VIETAC05

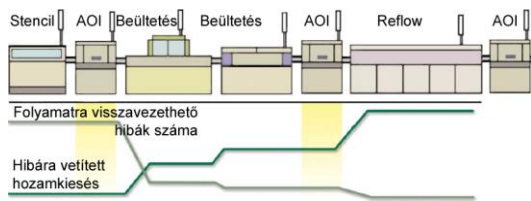


BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Automatikus optikai ellenőrző berendezések

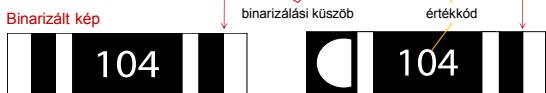
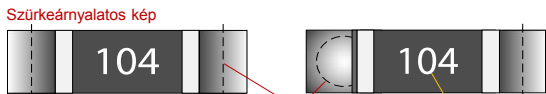
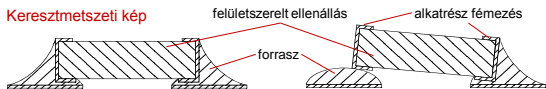
Az automatikus optikai ellenőrző berendezés (AOI – Automatic Optical Inspection) elhelyezkedhet:
- stencilnyomtató után (postprint inspection, Solder Paste Inspection)
- alkatrész beültető után (postplace inspection, Automatic Placement Inspection)
- reflow kemence után (postreflow inspection)



Ellenőrző berendezések

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AOI – Automatikus Optikai Ellenőrzés



Ellenőrző berendezések

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Az AOI-k megvilágítási rendszere

Közvetlen megvilágítás

Indirekt diffúz megvilágítás

Szög alatti diffúz megvilágítás

Ellenőrző berendezések

BMEETT

Szintértékes ellenőrzés

De-White algoritmus:

Képpont 1. lépés: R = 255, G = 160, B = 150

Képpont 2. lépés: R = 105, G = 10, B = 0

Képpont: R = 255, G = 24, B = 0

Ellenőrző berendezések

BMEETT

Képek matematikai reprezentációja

Reprezentáció: Ha a képet képpontokra bontjuk, ez az x és y koordináták irányában tett mintavételezésnek felel meg. A képet reprezentáló pontokat egy mátrix elemeinek tekinthetjük:

$$F_{i,j} \quad \begin{matrix} 0 \leq x < N_x \\ 0 \leq y < N_y \end{matrix}$$

ahol N_x és N_y a kép mérete pixelben. Ha az F fényesség csak 0 és 1 lehet, akkor a kép bináris, ha értéke 0 és tipikusan 256 közötti, akkor szürkeárnyaltos. Ha F vektor, akkor a kép színinformációt is hordoz.

Ellenőrző berendezések

BMEETT

Automatikus optikai ellenőrző berendezések

Kamerarendszere jellemző a „felbontás”, illetve a látótér mérete (FoV); meghatározza az ellenőrzési sebességet -> az AOI áteresztő képességét



300-400 kpixel / FoV: 225 mm²
 Sebesség: 4 - 6 cm²/s
 feloldóképesség: ~30 μm



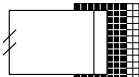
1,3 Mpixel / FoV: kb. 616 mm²
 Szkenelési sebesség: 10 - 16 cm²/s
 feloldóképesség: ~25 μm



5,2 Mpixel / FoV.: 2.268 mm²
 Sebesség: 25 - 40 cm²/s
 feloldóképesség: ~20 μm

01005 méretkódú alkatrész esetén

feloldóképesség: 100 μm feloldóképesség : 20 μm



BMEETT

Ellenőrző berendezések

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Üvegszálás optikai mikroszkóp



Roncsolásmentes, azonban a szolgáltatott információ (különösen a belső golyókról) gyakran kevés.

Az eltéréseket kell figyelni.



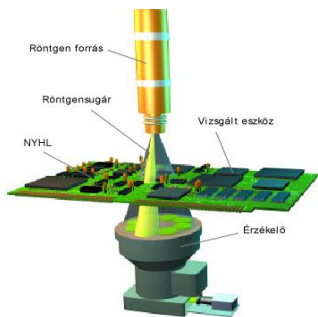
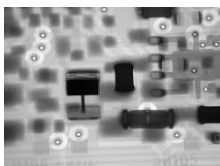
BMEETT

Ellenőrző berendezések

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

2D transzmissziós röntgengép felépítése

- egyszerű programozás,
- olcsóbb, mint a 3D-s röntgen,
- egyoldalas ák. vizsgálatára.



BMEETT

Ellenőrző berendezések

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

OVHM technika

Tárgyat forgatják
(Hagyományos technika)

Érzékelőt mozgatják
(OVHM - Oblique View at Highest Magnification)

BMEETT Ellenőrző berendezések

BGA forrasztások vizsgálata

A rövidzáron és a zárványképződésen kívül a többi hiba a detektor különböző szögű döntésével mutatható ki csak biztosan.

rövidzár

szakadás

BMEETT Ellenőrző berendezések

BGA tokozású alkatrészek kötéseinek ellenőrzése

Röntgenmikroszkópia

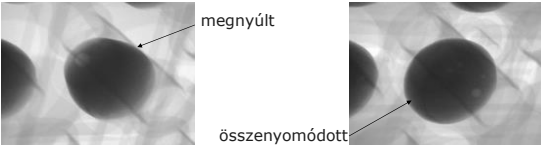
- Zárványok - kalibráció
- „head-in-pillow”
- Rövidzárak

jó kötések

pl. 50 kv pl. 60 kv

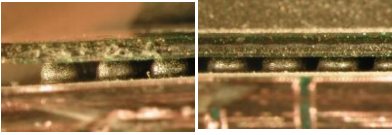
BMEETT Ellenőrző berendezések

Deformálódott forraszbump-ok képe



megnyúlt

összenyomódott

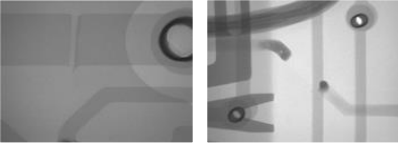


Roncsolásos vizsgálattal megmutatható a vetemedés, ami a golyók deformációjához vezetett. PBGA tokozásoknál előforduló hibajelenség.

BMEETT

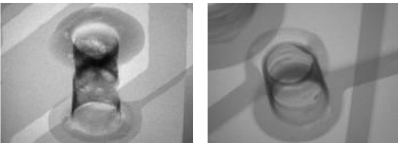
Ellenőrző berendezések

Nyomatott huzalozású lemezek vizsgálata



Vezető pályák szakadása, akár többretegű struktúrák esetén is kimutatható.

A furatfémzés hibái láthatók. A fémzés vastagsága megbecsülhető.



BMEETT

Ellenőrző berendezések

3D tomográfias röntgengép felépítése

- a mintát forgatjuk, időigényes, drága

Felületszerelt ellenállás forrasztott kötése



BMEETT

Ellenőrző berendezések

Ellenőrző kérdések

- Ismertesse az automatikus optikai ellenőrzés alapelvét, megvilágítási módjait, valamint a kamerarendszerek jellemzőit (felbontás, látótér)!
- Ismertesse a transzmissziós röntgengép működési elvét.
- Milyen hibák detektálhatók transzmissziós röntgéppel?
Mire kell ügyelni a BGA tokozású alkatrész kötéseiben lévő zárványok ellenőrzésénél?



Az elektronikai gyártás minősítő módszerei

Elektronikai Gyártás és Minőségbiztosítás
VIETAC05



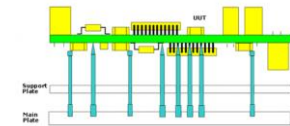
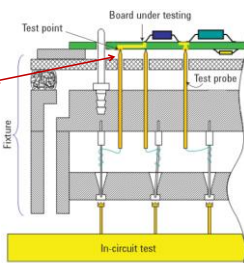
BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIÁI TANSZÉK

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

In Circuit Tester (ICT) – „Tűágy”

Villamos paraméterek vizsgálata a szerelés után

- Szakadásvizsgálat
- Zárlatvizsgálat
- Alkatrész- (érték) vizsgálat
 - Alkatrészek megléte
 - Alkatrészek polaritása
 - Alkatrészek értékei (ellenállás, kapacitás, induktivitás)



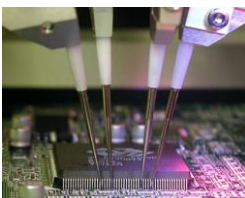
Minősítő vizsgálatok

2/22

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Flying Probe Tester (FP) – repülőszondás mérés

- Nincs merev befogó szerkezet
- Könnyű, flexibilis programozás
- Két oldalas vizsgálat
- Döntött tű pozíció lehetséges



- Hosszú ciklusidejű mérés
- Kis szériák, prototípusok




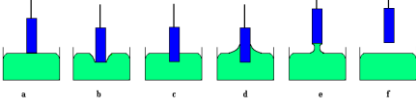
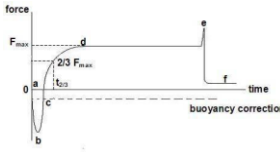
Minősítő vizsgálatok

3/22

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Nedvesítési vizsgálatok – wetting balance


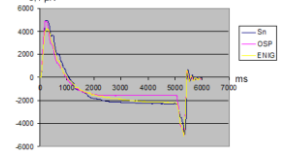
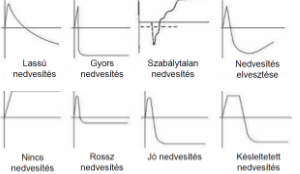
Forrasztóvázetek, NyHL- és alkatrész fémmezések kvantitatív vizsgálata

a) A minta bemejtés előtt (flux, pre-heat?);
 b) Éppen bemejtés után, a felületi feszültség emeli a mintát;
 c) A felületi feszültségből származó erő egyenlő nullával, csak a felhajtóerő és a súlyerő hat a mintára;
 d) Megindult a nedvesítés; hatására a felületi feszültség lefelé húzza a mintát;
 e) Minta felemelése;
 f) Felemelt minta

BMEETT Minősítő vizsgálatok 4/22

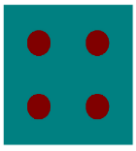
Nedvesítési vizsgálatok – wetting balance

BMEETT Minősítő vizsgálatok 5/22

Nedvesítési vizsgálatok – „spreading”

A tesz minta a nyomtatott forraszpaszta halmokkal

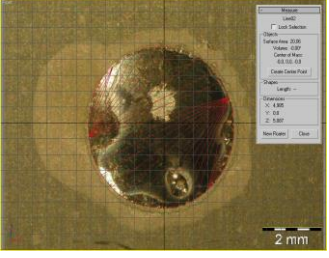


Egy forraszpaszta lenyomat átmérője: 5 mm

Mérjük a nedvesített felület nagyságát

Összehasonlító vizsgálat

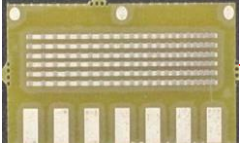
A forrasz felületének számítógéppel segített optikai mikroszkópos mérése



BMEETT Minősítő vizsgálatok 6/22

Nedvesítési vizsgálatok – „bridging” teszt

Teszt minta reflow forrasztás előtt

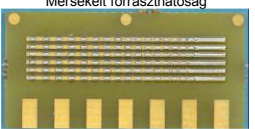


Mérjük a nedvesített hosszt


Összehasonlító vizsgálat

Lehetővé teszi a gyors, gyártás közbeni vizuális ellenőrzést

Méréselt forraszthatóság



Kitűnő forraszthatóság

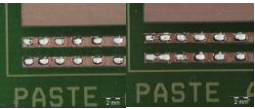


BMEETT Minősítő vizsgálatok 7/22

Nedvesítési vizsgálatok – „bridging” teszt

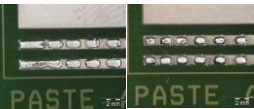
Bridging összehasonlítása különböző felületi bevonatokon

OSP



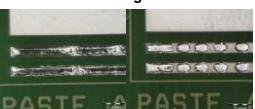
5 reflow ciklus után

ImSn



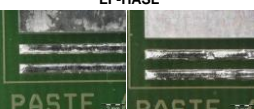
5 reflow ciklus után

ImAg



5 reflow ciklus után

LF-HASL



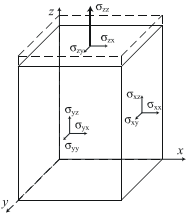
5 reflow ciklus után

BMEETT Minősítő vizsgálatok 8/22

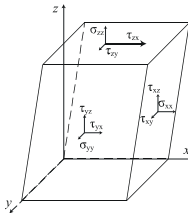
Mechanikai vizsgálatok – egyszerű deformációk

Átlagfeszültség (névleges feszültség): $\sigma = \frac{F}{A} [Pa]$ $\sigma_{ij} \equiv \tau_{ij} \{i \neq j\}$

Húzófeszültség – axial stress Nyíró-, csúsztatófeszültség – shear stress



$\sigma_{zz} = const, \sigma_{xx} = \sigma_{yy} = 0$
 $\sigma_{xy} = \sigma_{xz} = \sigma_{yx} = \sigma_{yz} = \sigma_{zx} = \sigma_{zy} = 0$



$\sigma_{zz} = \sigma_{xx} = \sigma_{yy} = 0$
 $\tau_{xy} = \tau_{xz} = \tau_{yx} = \tau_{yz} = \tau_{zy} = 0, \tau_{zx} = const$

BMEETT Minősítő vizsgálatok 9/22

A rugalmas alakváltozás

A rugalmas alakváltozás reverzibilis, amint a feszültség (terhelés) megszűnik, a test alakja visszatér eredeti formájába.

Rugalmas alakváltozás esetén a feszültség és a nyúlás között a Hooke törvény teremt kapcsolatot:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

ahol E a Young modulus, más néven rugalmassági állandó.

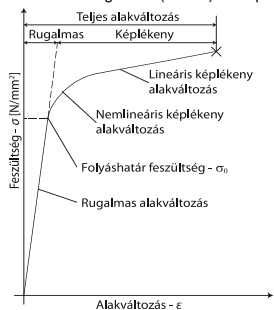
Nyírás esetén a feszültség és az alakváltozás között a G nyírási együttható (shear modulus) teremt kapcsolatot:

$$\sigma_{xy} = G \cdot \varepsilon_{xy}$$

A fenti együtthatók egyszerűbb esetben tekinthetők izotropikusnak, egyébként anizotróp anyagjellemzőként kell kezelni őket.

VALÓS ANYAGOK ALAKVÁLTOZÁSA

A valós anyagok időfüggetlen feszültség-alakváltozás (stress-strain) válasza felbontható rugalmas (elastic) és képlékeny (plastic) szakaszra.



A nemlineáris képlékeny alakváltozás a következő összefüggéssel írható le:

$$\bar{\sigma} = K \bar{\varepsilon}^n$$

ahol K a szilárdsági együttható, n a keményedési kitevő.

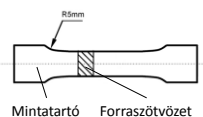
Az együtthatók bármely anyagra meghatározhatók egyszerű szakító vizsgálatból, mert ilyenkor:

$$\sigma_{zz} = \frac{F}{A} = K \cdot \varepsilon_{zz}^n$$

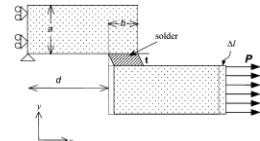
Tömbi forraszok mechanikai minősítése

Tömbi minta szakító- és nyírási szilárdságának mérése – csak az anyagi tulajdonságok

Kötés jellegű minta szakító-szilárdságának mérése (+IML)



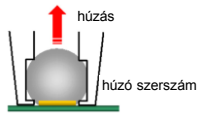
Kötés jellegű minta nyírási szilárdságának mérése (+IML)



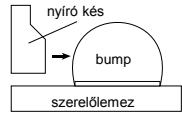
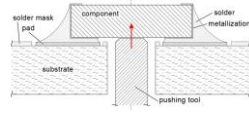
	Sn63Pb37	SAC305
E [GPa]	35	56
G [GPa]	12.5	20
Szakító szilárdság [MPa]	40	55
Nyírási szilárdság [MPa]	28	34

Forrasztott kötések mechanikai minősítése

BGA forrasztógolyók szilárdsága (+alak)



Passzív chip alkatrész forrasztott kötésének szilárdsága (+alak)



BMEETT

Minősítő vizsgálatok

13/22

Nyírési sebesség hatása a szilárdsági mérésre

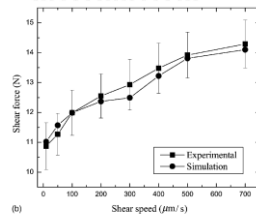
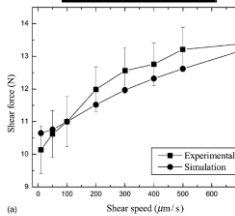
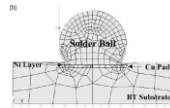
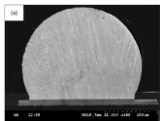


Fig. 6. Shear force variations with increasing shear speed: (a) Sn-3.5Ag, (b) Sn-3.5Ag-0.75Cu.

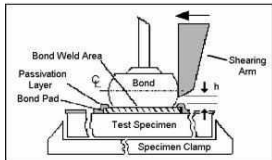
BMEETT

Minősítő vizsgálatok

14/22

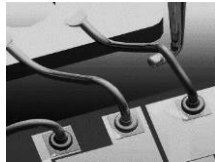
Huzalkötések mechanikai minősítése

Nyírési szilárdság mérése



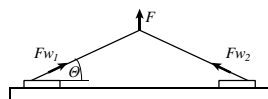
Közvetlenül a kötési szilárdságot méri
Ékes kötésekhez kiváló
Golyós kötéseknel a méretek kritikusak

Szakítószilárdság mérése



Nem feltétlen méri a kötési szilárdságot
Golyós kötéseknel alkalmazott

$$F_{W1} = F_{W2} = \frac{F}{2 \cdot \sin \Theta}$$

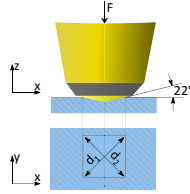
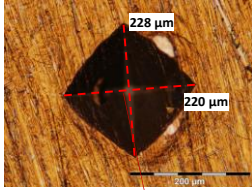


BMEETT

Minősítő vizsgálatok

15/22

Vickers keménység (HV) mérése

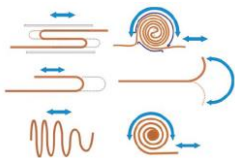


No.	HV	No.	HV	No.	HV
1	110	5	109	9	108
2	111	6	108	10	112
3	107	7	107	Avg.	110
4	115	8	109	Dev.	2.8

$$A = \frac{d_1 \cdot d_2}{2 \sin(136^\circ / 2)}$$

$$HV = \frac{F}{A} \approx \frac{1.8544F [kg]}{d_1 \cdot d_2 [mm]}$$

Hajlékony hordozók minősítése - hajlítási módok



A szimmetrikus elrendezés csökkenti a feszültséget a rézrétegben.

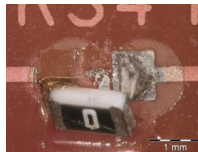


Flexibilis huzalozás típusa	Minimális hajlítási sugár
Egyoldalas huzalozás	3-6x az áramköri hord. vastagsága
Kétoldalas huzalozás	6-10x az áramköri hord. vastagsága
Többrétegű huzalozás	10-15x az áramköri hord. vastagsága
Dinamikus alkalmazás (egyoldalas huzalozás ajánlott)	20-40x az áramköri hord. vastagsága (nagyobb sugár -> nagyobb élettartam)

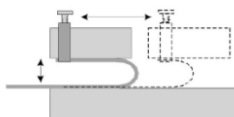
Hajlékony hordozójú áramkörök mech. minősítése



Lefejtési vizsgálat



Nyírási szilárdság



Dinamikus hajlítási vizsgálat



Szakítószilárdság, relatív megnyúlás

Flexibilis hordozók hibajelenségei

Fémezett furat Nem fémezett furat

Class 1
25% hole breakout

Class 2
Tangent with land

Class 3
0.125mm minimum annular ring

25% hole breakout

0.025mm minimum annular ring

0.375mm minimum annular ring

Furattal szembe fordított állapot

Forrasz a fedőréteg alá kúszik a rézréteg bevonása közben

Furat pozícióhiba

Anyaghiány a furatfémezésben

Javasolt Elfogadható Nem elfogadható

BMEETT Minősítő vizsgálatok 19/22

Hőterheléses vizsgálat hatására bekövetkező hibajelenségek

felemelkedett forr. felület

fémzés anyaghiánya

rétegek szétválása

sarok törés

pontatlan rétegillesztés

belső húzalás szakadása

furat kitüremkedés

furatfém-törés

A hordozót 289 °C-os forraszba mártják 10 másodpercre és azután megvizsgálják

BMEETT Minősítő vizsgálatok 20/22

„Dye penetration test”

BGA tokozású alkatrészek forrasztott kötéseiben terhelés után kialakuló repedések vizsgálatára

1. Az alkatrészt gát anyaggal (polimer) körül vesszük
2. Kiöntjük a festékanyaggal (követelmény a jó nedvesítés, kapilláris hatás)
3. A festékanyag behatol a repedésekbe
4. A festékanyagot szárítjuk (~24 óra)
5. Az alkatrészt eltávolítjuk és vizsgáljuk a festéknymokat

crack has not occurred in solder joint crack has occurred in solder joint

BMEETT Minősítő vizsgálatok 21/22

Ellenőrző kérdések

- Ismertesse az In Circuit és a Flying Probe villamos tesztelési eljárásokat.
- Ismertesse a nedvesítési vizsgálatokat (wetting balance, spreading, bridging)
- Ismertesse a forrasztott kötések mechanikai ellenőrző vizsgálatait.
- Ismertesse a mikrohuzalkötések valamint a hajlékony hordozójú áramkörök ellenőrző vizsgálatait.
- Mutassa be a Dye penetration vizsgálati eljárást.

WE CONNECT PIPES AND SYSTEMS



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2
 Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
 Elektronikai Technológia Tanszék

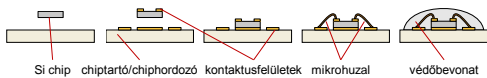
Elektronikai Gyártás

Mikrohuzal kötési technológiák

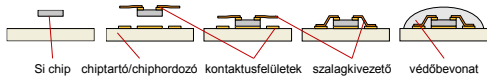
EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 1/24

1. szintű összeköttetési rendszerek

Chip+huzalkötés (Chip-and-wire)



TAB (Tape Automated Bonding)

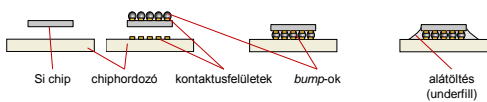


1. chip és hordozó
2. kontaktusfelület kialakítása
3. beültetés és chipprógtítás
4. elektromos kontaktálás
5. védőbevonat felvitele

EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 2/24

1. szintű összeköttetési rendszerek

Flip-chip



Szeletszintű tokozás (WLP)

1. Si chip gyártása
2. Újraelosztó réteg
3. Chip védelem



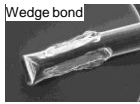
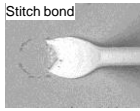
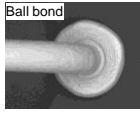
4. UBM réteg felvitele
5. Bump felvitel
6. Szelet darabolása!



EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 3/24

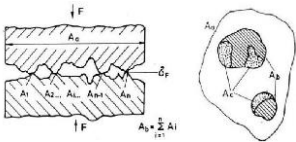
Mikrohuzal kötési technológiák

Huzalkötés típusa	Huzal anyaga/átmérője	Hőmérséklet	Kötés alakja
Termo-kompressziós	Au ~50-100 μm	300-500 °C	Golyós/ékes (letűző)
Termo-sonikus	Au 25-50 μm	100-150 °C	Golyós/ékes (letűző)
Ultrahangos	Al, Au 125-300 μm	25 °C	Ékes/ékes

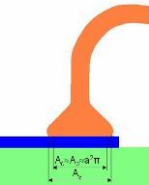


EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 4/24

Érintkezés jellegű kötések modellje



- Jelölések:**
F erő
A_a látszólagos érintkezési felület
A_b nyomóerőt hordozó felület
A_c fémesen érintkező felület
H_M a Meyer-keménység
 σ_f folyási határérték
a az érintkező felületek sugara
R_c az érintkezési ellenállás
R₁, R₂, R_c az egyes vezetőkben



Összefüggések:

$$A_c \leq A_b \leq A_a$$

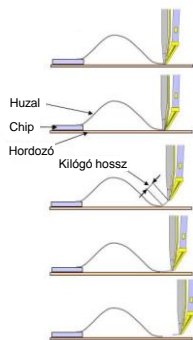
Képlékeny alakváltozásnál:

$$A_b = F/H_M = F/\sigma_f, \text{ mert } H_M \approx \sigma_f$$

$$R_c \approx \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \cdot \sqrt{\frac{\pi \sigma_f}{4F}}$$

EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 5/24

Ultrahangos kötési technológia – huzal elszakítása



Lenyomás a célnál
Kötés

Bevágás készítése a huzalba

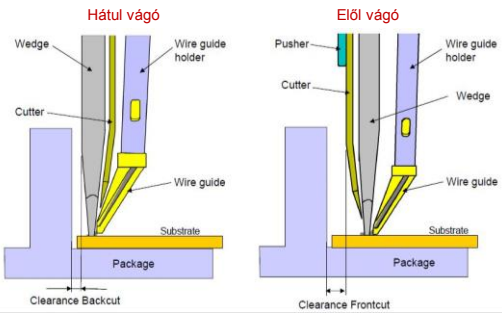
Huzal kiengedése következő kötéshez

Szerszám leeresztése a szakítási pozícióba

Huzal szakítása a kötőfej mozgásával

EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 6/24

Az ultrahangos kötés v g k s nek elrendezési változatai



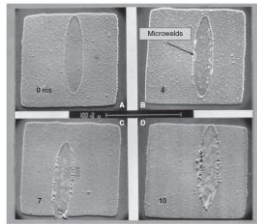
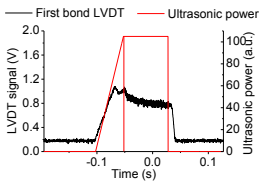
EGy – Mikrohuzaal kötési technológiák: 7/24

Az ultrahangos k t s folyamatparam terei

Folyamatparam terek:

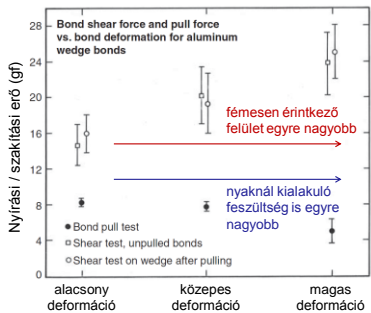
- Kötési erő ($n \cdot 1 \text{ N}$)
- Rezget s amplitúdója ($n \cdot 1 \mu\text{m}$)
- Ultrahang rezgetés hossza (csökkentik amig m g tapad; $\sim 50\text{-}100 \text{ ms}$)
- Rezget s frekvenciája ($\sim 120 \text{ kHz}$)
- K t fej f kezesi úthossza

A kötés nyoma a felválás után; a rezgetés ideje: 0, 4, 7 és 10 ms

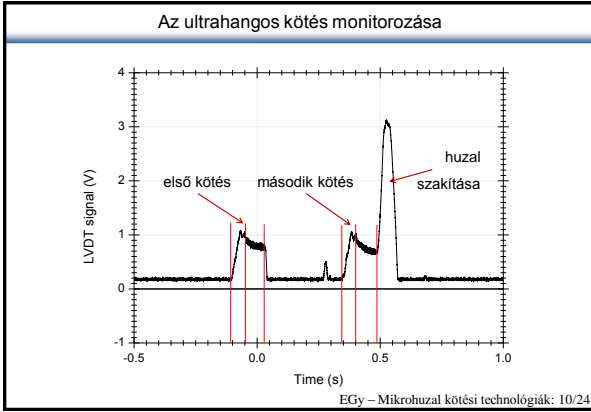


EGy – Mikrohuzaal kötési technológiák: 8/24

Az ultrahangos kötés folyamatparaméterei



EGy – Mikrohuzaal kötési technológiák: 9/24



Kráterképződés kontaktusfelületen

A huzalkötés után a kötött réteg (kontaktusfelület) felrepedezik, felvállik
A huzal nem válik fel feltétlenül (hot-spot teszt)
Oka a túlzott UH teljesítmény/kötőerő vagy a nem megfelelő kontaktusfelület fémezés

EGY – Mikrohuzal kötési technológiák: 11/24

Kráterképződés kontaktusfelületen

A huzalkötés után a kötött réteg (kontaktusfelület) felrepedezik, felvállik
A huzal nem válik fel feltétlenül (hot-spot teszt)
Oka a túlzott UH teljesítmény/kötőerő vagy a nem megfelelő kontaktusfelület fémezés

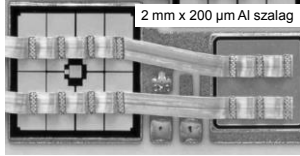
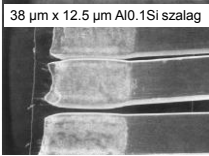
Kráterképződés

Hot-spot teszt

EGY – Mikrohuzal kötési technológiák: 12/24

Szalaghuzal kötési technológiák

Főleg mikrohullámú alkalmazásokban használják a kedvező nagyfrekvenciás tulajdonságok miatt de nagyteljesítményű elektronikában is lehetséges



A szalagkötés hátránya, hogy nagyobb szélesség/vastagság arányoknál a kötőszerszám és a hordozó párhuzamossága kritikus



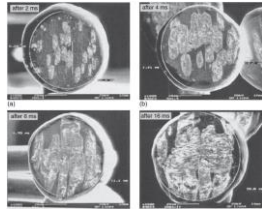
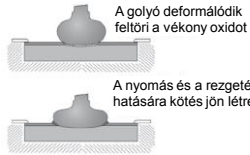
EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 13/24

A termoszonikus kötési folyamatparaméterei

Folyamatparaméterek:

- Kötési erő ($n \cdot 100$ mN)
- Ultrahang rezgés amplitúdója kisebb mint UH-nál ($n \cdot 0.1 \mu\text{m}$)
- Ultrahang rezgés hossza (csökkentik amíg még tapad ~ 10 ms)
- Rezgés frekvenciája (~ 10 kHz)
- Hordozó hőmérséklete (~ 120 °C)

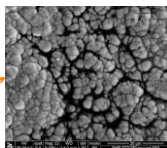
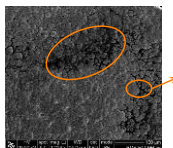
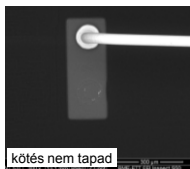
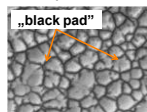
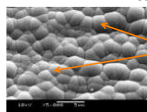
A kötési nyoma a maratás után; a rezgés ideje: 2, 4, 6 és 16 ms



EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 14/24

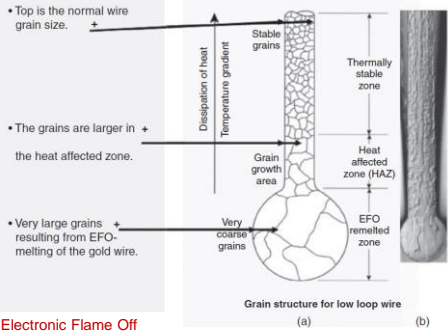
Kötésválás a kontaktusfelületről („Black pad”)

ENIG kontaktusfelület bevonatok esetén fennáll a veszélye az ún. Black Pad effektusnak, ami gyakorlatilag a Ni réteg korróziója



EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 15/24

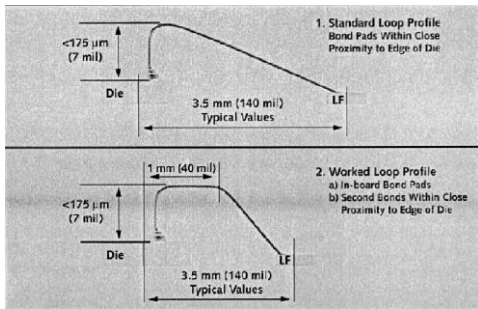
Hő által befolyásolt zóna golyós kötéseknél



*EFO = Electronic Flame Off

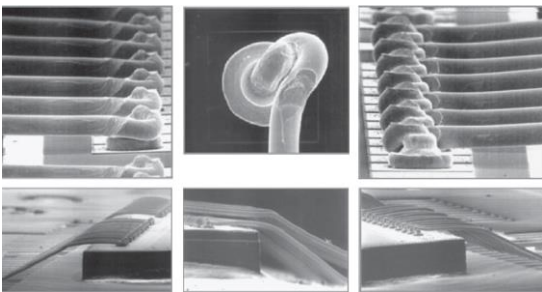
EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 16/24

Termoszonikus huzalkötések hurok profiljai



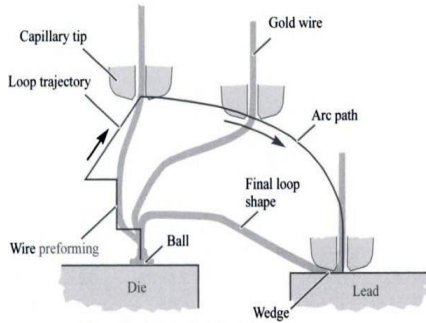
EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 17/24

Alacsony huzalhurok profilok



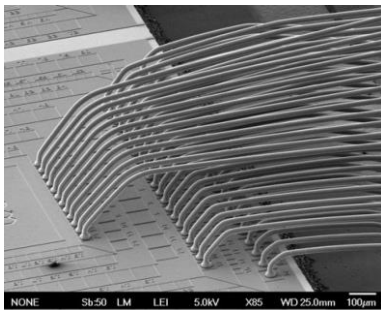
EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 18/24

Alacsony profilú hurokkészítés



EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 19/24

„Area array” huzalkötés

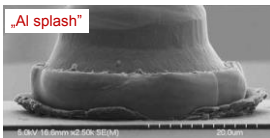


EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 20/24

Réz huzalkötési technikák

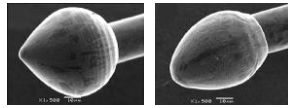
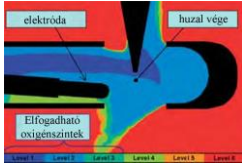
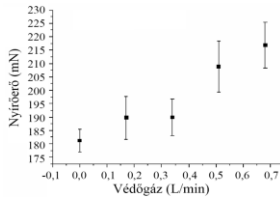
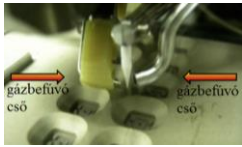
Újabbban előtérbe kerül a réz alkalmazása a szeletszintű technológiáknál is. Előnye az olcsósága és nagyon jó vezetőképessége, hátránya a keménysége.

Huzal anyaga	Kialakított golyó keménysége	Max. kötési erő alkalmazása után	Min. kötési erő alkalmazása után
Arany	60 HV	84 HV	60 HV
Réz	86 HV	125 HV	95 HV



EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 21/24

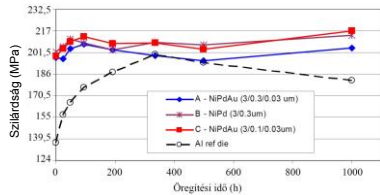
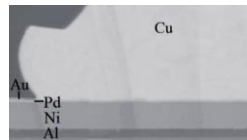
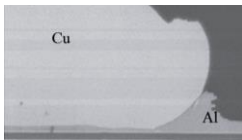
Golyóformálás védőgázos atmoszférában



Túlzott deformáció a magas áramlási seb. miatt

EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 22/24

Kontaktusfelület bevonat réz huzalkötéshez



EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 23/24

Ellenőrző kérdések

1. Ismertesse az ultrahangos huzalkötési technológia folyamatparamétereit és a kötési folyamat monitorozásának lehetőségét
2. Ismertesse a termoszonikus huzalkötési technológia folyamatparamétereit valamint a hő által befolyásolt zóna (HAZ) fogalmát a golyóformálás esetére
3. Ismertesse a mikrohuzal kötések hurokprofil típusait valamint az alacsony hurokprofilú mikrohuzalkötések készítményi folyamatát.
4. Ismertesse a réz mikrohuzalkötések technológiáját. Milyen technikai nehézségei vannak a réz huzalok alkalmazásának és milyen kontaktusfelület bevonat ajánlott a réz huzalokhoz?
5. Ismertesse huzalkötési technológia esetén a kontaktusfelület kráterképződésének fogalmát valamint mutassa be a kötésfelváltást okozó „Black Pad” hibajelenséget.

EGy – Mikrohuzal kötési technológiák: 24/24



ELEKTRONIKAI GYÁRTÁS ÉS MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS

Gyártósorok kiszolgálás menedzsmentje

ILLÉS BALÁZS



BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

TARTALOM

- Gyártósorok kiszolgálás menedzsmentje
 - Alap- és segédanyagok
 - Anyagfelhalmozás
 - Idegen árúk
 - Alkatrészek és félkész termékek tárolása
- Gyártósori transzport rendszerek
 - Átadók
 - Ideiglenes tárolók (bufferek)
 - Speciális eszközök



Gyártósorok kiszolgálás menedzsmentje

2/43

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Gyártósorok kiszolgálás menedzsmentje

A gyártósorok zavartalan működésének egyik elengedhetetlen feltétele, azok pontos és jól szervezett kiszolgálása.

E téma sokszor kevésbé hangsúlyozott, mint az egyes technológiai lépések „fortélyai” és azok egymásután szervezése, viszont legalább akkora fontossággal bír a hatékony termelés szempontjából.



Gyártósorok kiszolgálás menedzsmentje

3/43

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Alap- és segédanyagok

A gyártósorunk 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. Példák:

- a stencilnyomatáshoz 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

(A fenti példából jól látható, hogy egy n. folyamat végterméke jelentheti egy n+1. folyamat alapanyagát.)

Alap- és segédanyagok

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...)

Alap- és segédanyagok utánpótlása

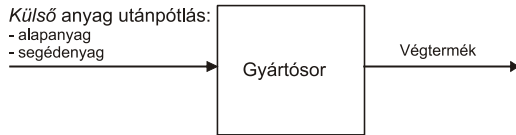
Alap- és segédanyag utánpótlásán értjük a gyártósorok a gyártáshoz szükséges anyagokkal történő folyamatos ellátását. A hangsúly a folyamatosságon van, mivel az elektronikai gyártás esetében a termékek értékében nagyon magas az ún. hozzáadott érték, amely:

$$\text{hozzáadottérték} = \text{eladási ár} - \text{beépített alkatrészek ára}$$

Ha a gyártósor anyaghiány miatt megállásra kényszerül, rövid idő alatt nagy lesz a kiesés miatti veszteség, ezért az anyagok utánpótlását meg kell szervezni! Az alap- és segédanyag utánpótlás modellje az elektronikai gyártórendszerek egyes szintjein eltérő.

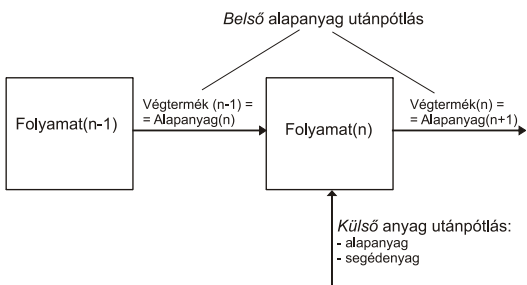
Utánpótlási modellek

A gyártósor szintjén:



Utánpótlási modellek

A gyártási folyamatok szintjén:



Utánpótlási modellek

Az anyagutánpótlásnak két fajtáját különböztetjük meg amelyek: a belső és a külső anyagutánpótlás.

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.

Anyagfelhalmozás

A folyamatos anyagutánpótlás egyik szükséges feltétele, az anyagfelhalmozása, **anyagkészlet** létrehozása.

Anyagkészlet: a gyártóegység rendelkezésére álló anyagok összessége.

Felhalmozás szintjei: kétszintű, amelyek a gyártósor közvetlen közelében lévő anyagok, és a raktárunkban lévő anyagok.

A gyártási területeken történő tárolás fajlagos költsége jóval nagyobb, mint a raktárban történő tárolásé, mivel így a gyártástól vonunk aktív területeket (hasznos termelő) és helyezünk azokat passzív (hasznos nem termelő) funkcióba.

Anyagkészlet kezelési stratégiát

„Mindent a raktárban” elv: mivel a gyártási területen történő tárolás drága, ezért azt használjuk inkább gyártásra, és szinte mindent tárolunk a raktárakban. A gyártósor mellett csak minimális anyag mennyiség legyen.

Előnye: alacsony tárolási költség

Hátránya: a gyártás akadozhat

(Az elektronikai iparban – a fentebb említett magas hozzáadott érték arány miatt - ezt a módszert nem alkalmazzák.)

Anyagkészlet kezelési stratégiát

„Mindent a gyártósorhoz elv: „az anyagutánpótlás folytonossága mindenek előtt”, ezért hiába, hogy drága de tárolunk minden anyagot közvetlenül a gyártósor mellett.

Előnye: az anyagutánpótlás folyamatosság 100%-os

Hátránya: nagyméretű anyagkészlet esetén nagyon magas tárolási költségek

A módszer hátrányos tulajdonsága az anyagkészlet alacsonyan tartásával orvosolható, ebből alakult ki -> ún. „Japán módszer”.

Anyagkészlet kezelési stratégiát

„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 beszállítóktól, az anyagutánpótlás folyamatosság kockázatos, a kicsi anyagkészlet miatt akár hosszúidejű leállások is előfordulhatnak.

Anyagkészlet kezelési stratégiát

„Kombinált” stratégia: az anyagok nagyobb része a raktárban egy kisebb része pedig a gyártósor mellett. A százalékos megosztása gyártás és gyártmány specifikus.

Ökölszabály: 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

Az elektronikai iparban ez a legelterjedtebben használt anyagkészlet kezelési stratégia.

Idegenárú

Idegenárúnak minősül minden olyan alapanyag, amely még nem került fel a gyártósorra. Az idegenárú 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! Ha például emberi hiba miatt egy oda nem illő alkatrész kerül beépítésre, a kár néhány perc alatt több millió Forintra rúghat. Éppen ezért az idegenárú kezelését és azonosítását az elektronikai iparban nagyon szigorú szabályokhoz kötik.

Idegenárúk kezelése

Az idegen árúk kezelésén értjük, azok a gyártósor mellett történő tárolásának rendszerét.

Az alapanyagok tárolása valamilyen polcon vagy polcrendszereken történik (részletesen később).

Fontos alapelv, hogy minden alapanyagnak meg van a kijelölt tároló helye. Ez megkönnyíti az idegen árú (valamelyik alapanyag) beazonosítását, valamint csökkenti a tévedés valószínűségét.

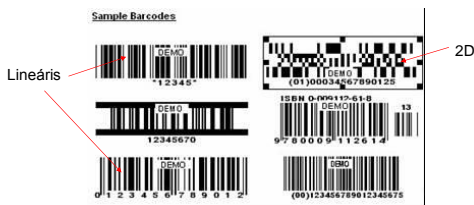
Idegen árúk azonosítása

Az alapanyagok csomagolásán minden esetben megtalálhatók az azonosításukra szolgáló információk:

- Szöveges formában: alkatrész kód, típus, darabszám, gyártási idő, szavatosság, stb...
- Alkatrész kód bárkód formájában
- Képen

Bárkód

A reprezentálni kívánt karaktereket függőleges vonalak, és a köztük lévő helyek mintázata alkotja. Az információt a vonalak vastagsága és sűrűsége hordozza. Különböző bárkódok:



Bárkód olvasók

A szöveges információk segítségével az alapanyagok bárki számára beazonosíthatók, azonban ez nem elég! Egy apróbb tévedés is milliós károkkal járhat, ezért az idegen áru azonosításból ki kellett iktatni az „emberi tényezőt”. Az alapanyagok azonosítása bárkód olvasók (scannerek) segítségével történik:



Alkatrész utánpótlás

Vegyük a következő példát: a beültető gépünk egyik feeder-éből elfogyott az alkatrész. Mi a helyes protokoll?

- 1.lépés: leemeljük a polcra a megfelelő alkatrész csomagot.
- 2.lépés: az alkatrész csomagolásán ellenőrizzük a bárkódot a bárkód olvasó segítségével.
- 3.lépés: ellenőrizzük az adott feeder pozíció bárkódját a bárkód olvasó segítségével.
- 4.lépés: ha a két bárkód megegyezik - a bárkód olvasó szabad jelzése után - az alkatrész pótlása megengedett.

Alkatrész utánpótlás



= !



Alkatrészek és félkész termékek tárolása

Az alkatrészek és a félkész termékek tárolása speciálisan erre a célra tervezett szekrény rendszerekben történik. Az alapanyagokat, amíg csak lehetséges, a gyártósor mellett is a csomagolásuk megbontása nélkül célszerű tárolni. A szekrény rendszerek mérete és kialakítása a rajta tárolt alkatrészek vagy félkész termékek típusától, alakjától és méretétől függ.

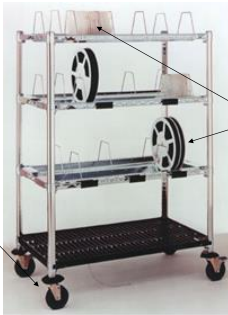
A szekrény rendszerek általános jellemzői:

- mechanikai stabilitás,
- a rajtuk tárolt anyagok könnyedén rendszerezhetőek,
- bizonyos fokú variálhatóság (kezelni tudják egy adott típuson belüli eltéréseket)

Alkatrészek és félkész termékek tárolása

Rollnis csomagolású alkatrészek tárolására szolgáló polc:

Könnyen mozgatható



Különböző méretű csomagolások tárolása

Alkatrészek és félkész termékek tárolása

Rollnis csomagolású alkatrészek tárolására szolgáló polc rendszer:



Alkatrészek és félkész termékek tárolása

Kazettás (balra) és tálcás (középen) csomagolású alkatrészek tárolására szolgáló szekrények:



BMEETT

Gyártósorok kiszolgálás menedzsmentje

25/43

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Alkatrészek és félkész termékek tárolása

Száritószekrény a páratartalomra érzékeny alkatrészek tárolására:



BMEETT

Gyártósorok kiszolgálás menedzsmentje

26/43

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Alkatrészek és félkész termékek tárolása

Fix (balra) és variálható (jobbra) félkész NYHL tárolók (más néven magazinok):



BMEETT

Gyártósorok kiszolgálás menedzsmentje

27/43

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Alkatrészek és félkész termékek tárolása

Mobilis félkész NYHL tároló:



BMEETT

Gyártósorok kiszolgálás menedzsmntje

28/43

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Anyagkészlet feltöltése

Az anyag utánpótlás raktárból a gyártó helyekhez ciklikusan történik (a gyártóhelyek mellett tárolt anyagmennyiség függvényében), speciális szállító eszközök segítségével. A szállító eszközökkel szemben támasztott követelmények:

- Nagy mozgékonyág (a gyártóhelyek zsúfoltsága miatt)
- Nagy anyagmennyiségek mozgatása (nagyobb gyárak esetében)

A fenti feltételeket általában egymás után, „karvánként” összekapcsolt, kisméretű szállító kocsikkal teljesítik. Így megoldható a nagyobb anyagmennyiség egyszerre történő mozgatása, valamint a mozgékonyág is, mivel a karván könnyedén elfordul a zsúfolt gyártósorok között.

BMEETT

Gyártósorok kiszolgálás menedzsmntje

29/43

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Gyártósori transzport rendszerek

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

Az NYHL transzportok a következő családokba sorolhatók:

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

BMEETT

Gyártósorok kiszolgálás menedzsmntje

30/43

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Átadók

A legegyszerűbb transzport berendezések a gyártósorba építhető a szimpla átadók. Feladatuk az n-1. gyártási folyamat végtermékének azonnali vagy késleltetett továbbítása az n. gyártási folyamat felé. Késleltetett funkcióban lehetőség van az n-1. folyamat végtermékének szemrevételezéses ellenőrzésére a tovább adás előtt.

Lényeges, hogy a két gyártási folyamat között nem lehet lényegesebb sebesség különbség, mivel az torlódást okozna. A kisebb sebesség különbségeket az átadók hosszának variálásával oldják meg. Különböző hosszúságú átadók:

Átadók



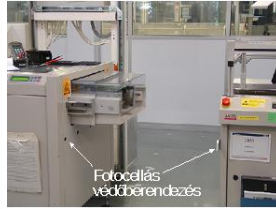
Átadók (átjáró modulok)

A szimpla átjáróknál egyel több funkcióval rendelkeznek az ún. *átjáró modulok*, melyek a gyártósor ideiglenes megbontásával képesek biztosítani annak átjárhatóságát.

Lehetővé teszik, hogy a kezelőszemélyzet anélkül tudja mindkét oldalt kiszolgálni, hogy megkerülné a gyártósort (ez elsősorban hosszú gyártósoroknál előnyös).

A berendezés egy teleszkópos nyak segítségével bontja vagy zárja a gyártósort amelyet egy fotocella érzékelő vezérel.

Átadók (átjáró modulok)



Átadók (átjáró hidak)

Ha az átjáró modul túl gyakran bontaná meg a gyártósort, és ez veszélyeztetné a gyártás folyamatosságát, átjáró hidakat alkalmaznak. Az átjáró híd nem más mint egy dupla lifttel ellátott átadó.

A beérkező NYHL-ek a beadószalagon keresztül az első liftszalagra kerülnek, ami függőlegesen felfelé szállítja őket. Mozgás közben a liftszalag 90 fokban elfordul, hogy át tudja adni az áramkört a keresztgerendán lévő szállítószalagra. Ez a rész 3 darab szalagszakaszból áll, és így egy kisebb torlódás kezelésére is alkalmas. Innen a 2. lift veszi át a NYHL-eket, ami lefelé haladásnál ismét 90 fokban elfordul, majd az ürítő szalagon keresztül átadja az NYHL-eket a következő egységnek.

Átadók (átjáró hidak)



Ideiglenes tárolók (átmeneti bufferek)

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 eseten a gyártás folytonosságának ideiglenes - a zavar elhárításáig történő - fenntartása.

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

Ideiglenes tárolók (átmeneti bufferek)



NYHL tárolás

Ideiglenes tárolók (FIFO-k)

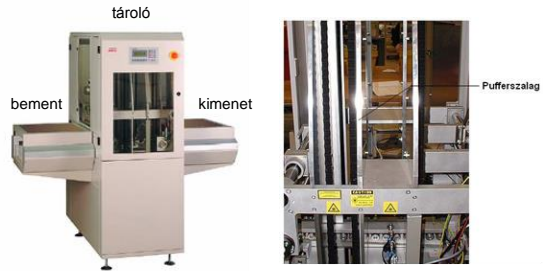
A folyamatok összehangolására szolgáló transzportok az ún. **FIFO** (First In – First Out) bufferek.

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 AOI-ra váró NYHL-ek hűtése.

Ideiglenes tárolók (FIFO-k)



Speciális funkciójú transzportok

Speciális funkciójú transzport berendezések a különböző forgatást (kétoldalú szerelés esetén), fordítást és egyéb NYHL mozgató végző egységek. Kialakításuk, méretük és funkcióik teljesen alkalmazás függőek.

Ide szokás még sorolni az ún. **NYHL be- és kitérázó** berendezéseket. Feladatuk gyártósor elején a magazinokban tárolt NYHL-ek sorra juttatása, illetve a gyártósor végén az elkészült termékek magazinba gyűjtése.

Speciális funkciójú transzportok

NYHL ki- és betárazók:



Összefoglaló kérdések

- Mi az alap és segédanyagok definíciója?
- Mi a hozzáadott érték?
- Milyen utánpótlási modelleket ismer?
- Mik az anyagfelhalmozás egyes szintjei?
- Mi az idegenárú?
- Hogyan történik az idegenárú kezelése és azonosítása?
- Mik a gyártósori transzport rendszerek feladatai?
- Milyen transzport családokat ismer?
- Jellemezze az átmeneti buffereket!
- Jellemezze a FIFO ideiglenes tárolókat!

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS



Az elektronikai gyártás környezetének kialakítása, az „5s” üzemszervezési követelmények, elektrosztatikus védelem

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS



BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

A fenntartható fejlődés elve, A környezetvédelem intézményrendszere

A fenntartható fejlődés filozófiája (Brundtland jelentés, 1987)

A környezetvédelem intézményrendszere

- ENSZ világkonferenciák (pl. Kyoto, Párizs)
- EU: lényegében kormányként működik
- A hazai rendszer:

Szervezetek

Jogszabályok

Gazdasági szabályozók

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS



2/20

Környezetvédelmi ösztönzők

Fontosabb pénzbeli ösztönzők:

1. Hitel, támogatás, adókedvezmény,
2. büntetés, birság,
3. környezetterhelési díj,
4. igénybevételi járulék,
5. termékdíj,
6. betétdíj.

A gyakorlatban ezek valamilyen szintű kombinációja a leghatásosabb.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS



3/20

A díjak, járulékok alkalmazási területe

1. Környezetterhelési díj: előállítás során kibocsátott szennyezőanyagok után fizetendő bírság
2. Igénybevételi járulék: környezeti elem igénybevétele után fizetendő (pl. vízfelhasználás, ásványi anyag kitermelés)
3. Betétdíj: visszagyűjtés ösztönzésére (pl. visszaváltható palackok – sokszor vitatható hatás)
4. Termékdíj: a hulladékok majdani begyűjtési, kezelési, ártalmatlanítási költségeit fedezi majd.

Az iparág hulladékai

Két csoportot különböztetnek meg:

Elektromos hulladékok (ezek a hűtőszekrények, bojlerok, el.tűzhelyek, elektromotorok stb.), elterjedt elnevezésük a „fehér árúk”.

Elektronikai hulladékok (ezek a TV-k, audio eszközök, PC-k, mobil kézibeszélők stb.)

A hulladékok mennyisége

- Magyarországon évente legalább 40 ezer tonna elektromos és elektronikus hulladék keletkezik. Csak a „fehér árúk” feldolgozása gazdaságos.
- A világon csak CRT-ből évente 350 000 tonna az éves „termelés”



Előírások (direktívák) minden EU tagországra

„EU Direktíva elektromos és elektronikai termékekből keletkező hulladékok keletkezéséről”:

- Új berendezések nem tartalmazhatnak veszélyes nehézfémeket,
- gyártó feladata a begyűjtő hálózat kiépítése és fenntartása,
- 70-90% arányban újra kell hasznosítani a begyűjtött termékekből visszanyert alapanyagokat,
- háztartásokból származó elektronikai hulladékot díjmentesen vissza kell venni, ártalmatlanítási költség a gyártókat terheli.

A gyártói felelősség

A gyártó felelőssége lényegében mindenre kiterjed az EU felfogás szerint:

- az alapanyag, félkész termék és a csomagolóanyag megválasztására,
- a gyártástechnológia megválasztására,
- a keletkező hulladékok hasznosítására, ártalmatlanítására.

Így megkerülhetetlenné válik a teljes életciklus ár szerinti gondolkodás (LCA –Life Cycle Assessment és LCC- L.C.Cost).

EU tiltások veszélyes anyagok alkalmazására

- 2005 után nem hozható forgalomba ólom, higany, kadmium, 6 vegyértékű króm, rákkeltő égésgátlóval adalékolt műanyag.
- 2005 után az egységek anyagának megjelölése (elkülöníthetőség). Szorosan összefügg a gyártmánykövetés feladatrendszerével.
- „Zöld port” koncepciók.

Környezeti irányítási rendszerek

- Az ISO 14 xxx („14 ezres”) szabványcsalád foglalja össze a környezetbarát vállalat kialakításának követelményeit.
- A szervezet egészében hatékonyan és dokumentáltan érvényesíteni kell a környezetvédelem szempontjait.
- A rendszert tanúsítani (auditálni) kell.
- Az EU-ban: terjed a „szigorúbb” EMAS rendszer. (Előírás a környezeti teljesítmény számszerű értékelése, az éves környezeti jelenés nyilvánosság).

Környezeti hatásvizsgálatok

- Transzkontinentális gázvezetékek, nagy vízierőművek építésének rossz tapasztalatai alapján merült fel szükségessége.
- Hazánkban kormányrendelet szabályozza:
 - kétszintű (előzetes és részletes),
 - előzetest minden ipari beruházás létesítésekor, felszámolásakor készíteni kell.
- Fő részei: technológiai leírás, anyag és energia mérleg, hatások és hatásviselők kapcsolatának bemutatása, egyéb információk.

A környezeti kockázat

- **Fogalma:**
károsodás mértéke x előfordulás valószínűsége
- **Az üzemi alkalmazás kötelezettsége**
- **Elvégzendő erületei:**
személyekre,
berendezésekre,
munkaterületekre (helyiségekre),
anyagokra.

Munkahelyi egészségvédelmi rendszerek

Hatóságok és felügyeleti szervek

Nemzetgazdasági Minisztérium, Munkafelügyeleti
Főosztály

Országos Tisztiorvosi Hivatal

Munkavédelmi szolgáltatók

Foglalkozás egészségügyi szolgáltatók

Munka- és egészségvédelmi rendszerek

Safety and Health *Management Systems*

Az 5s üzemszervezési módszer

- A vállalati munkahelyek rendezett kialakításának módszertana.
- Távol-keletről terjedt el a Kaizen módszer elemeként.

改善
kai=változás zen=jó (irányba)

Az 5s módszer elemei

- SEIRI válogatás, szükséges/szükségtelen
- SEITON elrendezés, célszerű helyjelölés
- SEISO tisztán tartás, azonnali takarítás
- SEIKETSU fenntartás, szabványosítás
- SHITSUKE beépítés a vállalati kultúrába

A módszert 1991-ben publikálták. Egyes esetekben 15-20%-os hatékonyság növekedést értek el a bevezető cégek.

Az 5S elemei különböző nyelveken

Az egyes mozzanatok „S” kezdőbetűit a szakirodalomban sokszor igyekeznek megtartani a különböző nyelveken:

Japán	Magyar	Angol	Német
Seiri	Szelektálás	Sort	Sortieren
Seiton	Szervezés, rendezés	Straighten	Systematisieren
Seiso	Szépítés, takarítás	Shine	Säubern
Seiketsu	Szabványosítás, fenntartás	Standardise	Standardisieren
Shitsuke	Személyes példamutatás	Sustain	Selbstdisziplin

Szabványosítás

A módszerek általánossá tétele (helyi-, ágazati szabványosítása) körültekintő megfontolást igényel (az 5s alkalmazásában is).

Túl kevés

- Mindenki másképp csinálja
- Némi egyéni tanulás és javulás
- Nincs csoportos tanulás
- Nincsenek elfogadott módszerek

Megfelelő

- A legjobb rendelkezésre álló módszereket használják
- Kevesebb elpazarolt erőfeszítés
- Csoportos és egyéni tanulás
- A módszereket javítják

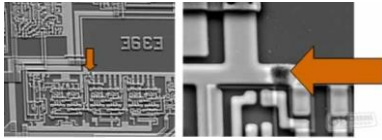
Túl sok

- Az emberek frusztráltak
- A kreativitást elfojtják
- Nincsen tanulás és javulás
- Az emberek ellenállnak a rendszernek

Elektrosztatikus kisülés (ESD: Electrostatic Discharge)

- Az elektrosztatikus forrásból származó energia gyors felszabadulása.
- A feltöltődés mértéke nagyban függ a dörzsölődő anyagoktól és a páratartalomtól:
10-20 % RH: kb. 30-40 000 V
70-90 % RH: kb. 1500 V
A munkavégzés mellett a csomagolást, árukezelést is védeni kell.

ESD sérülés és jelölő szalag



ESD védelem gyakori eszközei



ESD beléptető kapu





Minőségügyi rendszerek, minőségbiztosítási technikák



BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

A MINŐSÉG FOGAMA

- Összetett fogalom
- Műszaki-jogi értelemben a specifikáció alapozza meg
- Üzletpolitikailag a vevői elégedettség a döntő
- A kiterjedt nemzetközi kooperáció követelményei

A minőség fokozatai:

- A termék lássa el alapfunkcióját
- Feleljen meg a specifikációnak
- Legyen a vevő elégedett
- A vevő latens igényeit is jelenítse meg



A MINŐSÉG FOGALMA

Minőség (Quality): Egy termék, vagy szolgáltatás minősége az a tulajdonsága, hogy mennyire felel meg a felhasználás pillanatában a vevői igényeknek, vagy egy rögzített követelményrendszernek, és mennyire marad ilyen állapotában meghatározott élettartam és igénybevétel után.

MINŐSÉG
=
**a kimondott és kimondatlan vevői
igényeknek való megfelelés**



A MINŐSÉG FOGALMA

Minőség forrásai:

- A vevő-eladó „nyertes-nyertes” helyzetét kell kiindulási alapnak tekinteni
- Kompetencia=jártasság+motiváltság
- Általános és műszaki kultúra
- Vezetői szándék és tudás

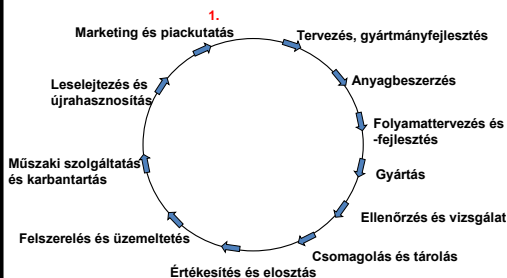
A MINŐSÉGÜGYI MÓDSZEREK TÖRTÉNELMI FEJLŐDÉSE

- Manufaktúra, kisipar: a munka végzője ellenőriz, dönt (használhatatlan, javítható, egy része felhasználható...)
- Ipari forradalom, szalagszerű termelés: elkülönült szervezet (MEO)
- Nagy sorozatok gyártása: megjelennek a statisztikai módszerek (SPC)
- Automatizált tömeggyártás: nélkülözhetetlen a szabályozás
- A minőségmenedzsment fejlődésének fontosabb szakaszai:
 - 1. Minőségellenőrzés (Quality Check)
 - 2. Minőségszabályozás (Quality Control)
 - 3. Minőségbiztosítás (Quality Assurance)
 - 4. Teljes körű minőségbiztosítás (TQM)

A MINŐSÉG ELLENŐRZÉS ÉS SZABÁLYOZÁS

- **Minőségellenőrzés (quality check)**
 - Műszaki, technikai folyamat
 - A minőségi paraméterek aktuális értékeinek összevetése a követelményrendszerrel
 - Jelentős költségnyárad (az elektronikában 50...60%)
- **Minőségbiztosítás (quality assurance)**
 - A vállalat által tervezett és megvalósított tevékenységek a megfelelő minőség biztosítás érdekében.
 - Felöleli a termék teljes életét.
 - A minőségellenőrzés a minőségbiztosítás része!

A MINŐSÉGI HUROK



AZ ISO9XXX SZABVÁNYCSALÁD

ISOXXX előzményei:

- 1959 - MIL-Q-9858 Katonai szabvány
- Ford Q1, GM TFE - Autóipar
- AOAP-1 NATO szabvány
- 1979 - BS 5750 - Nagy Britannia
- 1987 - Az Európai Unió elfogadja az ISO 9000 szabványrendszert

Történeti előzménye:

- BS 5750 (1979-ben jelent meg)
- 1987 első kiadás, 1994 és 2000 jelentős változások, 1992: 1994: 1995: 1996: 1998 kif. Kiegészítések
- A szervezeteknek a bevezetett intézkedéseket tanúsítani (auditálni) kell

AZ ISO9XXX SZABVÁNYCSALÁD

- 5 fő- és számos értelmező szabványból álló szabványrendszer
- Legújabb változat 2015. 2018. szeptember 15-ig a régebbi változatot felül kell vizsgálni.
- Az élet minden területére kiterjed:
 - Gazdaság (ipar, építőipar, mezőgazdaság stb.)
 - Szolgáltatás
 - Környezetvédelem
 - Egészségügy
 - Oktatás
 - Hadügy stb.

AZ ISO9XXX SZABVÁNYCSALÁD

Általános jellemzők:

- Általános alapelveket tartalmaz, folyamatokra vonatkozik
- Megvalósított minőségügyi rendszer
 - műszaki, gazdasági intézkedések
- Fontos feladata a bizalomkeltés
 - a cég vezetésében és alkalmazottaiban
 - tanúsításon keresztül a megrendelőkben
- A minőségügyi rendszer kiépítése után lehetőség van a tanúsításra

AZ ISO9XXX SZABVÁNYCSALÁD

Az ISO9XXX részei:

- ISO 9001: fejlesztés, gyártás, ellenőrzés, szolgáltatás
- ISO 9002: gyártás, ellenőrzés, szolgáltatás
- ISO 9003: ellenőrzés, szolgáltatás
- ISO 9004: modell a minőségügyi rendszer fejlesztésére - tanúsítás nélkül
- ISO 9000: szabványok kiválasztásának és alkalmazásának rövid leírása
- ISO 8402: minőségügyi szótár
- ISO 14001: Környezetvédelmi szabvány
- ISO 10011: tanúsítás, auditorok
- ISO 10012: irányelvek az alkalmazott mérőberendezésekre

AZ ISO9XXX SZABVÁNYCSALÁD

Követelmények:

- Világos értékrend rögzítése
- Olyan rendszer kialakítása, amely hibamegelőzésre, folyamatszabályozásra alkalmas
- A felelősségi körök pontos rögzítése
- A belső szervezeti kapcsolatok pontos szabályozása
- A vevői kapcsolatok szabályozása
- A szállítói kapcsolatok szabályozása
- Számszerűsített termék- és gyártás-biztonság

AZ ISO9000:2000 SZABVÁNYRENDSZER DOKUMENTÁCIÓJÁNAK FELÉPÍTÉSE



Minőségbiztosítási technikák

- Mintavételes ellenőrzés
- Gép- és folyamat képesség
- Pareto-Lorenz elemzés
- FMEA analízis
- Halszálka diagram

Mintavételes ellenőrzés

A mikroelektronika sajátosságai minőségbiztosítási szempontból:

- Tömeggyártás, nincs lehetőség minden termék ellenőrzésére
- Nagy hozzáadott értékű gyártás
- Komplex termékek előállítása komplex gyártástechnológiák alkalmazásával
- Nehézkes gyártás alatti ellenőrzés
- Magas minőségi követelmények

Megoldás: Statisztikai minőség-ellenőrzés és szabályozás mintavételes ellenőrzéssel és statisztikai módszerekkel

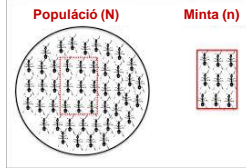


Mintavételezés alapjai

- **Statistikai mintavétel:** egy populációból egyedeket (mintákat) választunk ki, hogy statisztikai előrejelzéseket (becsléseket) tehesünk a populációval kapcsolatban.

- **A teljes populáción ritkán végzünk felmérést:**
 - a költségek magasak lennének,
 - a populáció dinamikusan, idővel változhat.

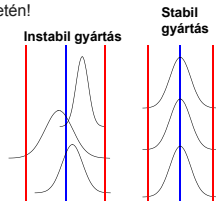
- **A mintavétel előnyei:**
 - alacsony költségek,
 - gyors adatgyűjtés,
 - kicsi és homogén adathalmazok létrehozása



Mintavételes ellenőrzés a gyakorlatban

Mikor alkalmazhatunk mintavételes ellenőrzést:

- Csak stabilizálódott gyártás esetén!
- Ismert gyártási paraméterek (várható érték és szórás)
- Ingadozás esetén a mintánk nem lesz reprezentatív
- Stabil gyártás esetén ismert: az elfogadható selejtarány (Acceptable Quality Level, AQL)



- AQL függ: termék ára, valószínűsíthető hiba súlyossága
- Döntés a gyártás stabilitásáról -> **stabilitás vizsgálatok**

Mintavételezés alapjai

A mintanagyság meghatározása:

- Normális eloszlás esetén a legegyszerűbb módszer:

$$n = \left(\frac{2\sigma}{\Delta} \right)^2$$

Δ a minta pontossági követelménye, σ a tétel szórása

- Finomított módszer, elsőfajú kockázati tényező (elsőfajú hiba) figyelembevételével:

$$n = \left(\frac{u_{\alpha} 2\sigma}{\Delta} \right)^2$$

u_{α} az elsőfajú hiba kritikus értéke az adott szignifikancia-szinten

Mintavételezés alapjai

A mintanagyság meghatározása:

- Finomított módszer, első- és másodfajú kockázati tényező (első- és másodfajú hiba) figyelembevételével:

$$n = \left(\frac{(u_\alpha + u_\beta)2\sigma}{\Delta} \right)^2 \text{ ahol } u_\beta \text{ a másodfajú hiba kritikus értéke az adott szignifikancia-szinten}$$

- Gyakorlatban: AQL táblázatok és módszer használata a mintanagyság meghatározásához**

TABLEAU STATISTIQUE POUR LE CONTRÔLE STATISTIQUE, ANALYSE STATISTIQUE CL 2 (2002)

SABAHU GÜZÜK ÜNİVERSİTESİ

Lot Size	General Inspection Levels					Special Inspection Levels				
	II	III	IV	V	VI	SI	SO	SI	SO	SI
From 2 to 8	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A
From 9 to 15	A	B	C	C	A	A	A	A	A	A
From 16 to 25	A	C	D	D	A	A	A	A	A	A
From 26 to 35	A	C	D	D	A	A	A	A	A	A
From 36 to 50	A	C	D	D	A	A	A	A	A	A
From 51 to 80	A	C	D	D	A	A	A	A	A	A
From 81 to 100	A	C	D	D	A	A	A	A	A	A
From 101 to 125	A	C	D	D	A	A	A	A	A	A
From 126 to 150	A	C	D	D	A	A	A	A	A	A
From 151 to 200	A	C	D	D	A	A	A	A	A	A
From 201 to 300	A	C	D	D	A	A	A	A	A	A
From 301 to 400	A	C	D	D	A	A	A	A	A	A
From 401 to 500	A	C	D	D	A	A	A	A	A	A
From 501 to 600	A	C	D	D	A	A	A	A	A	A
From 601 to 700	A	C	D	D	A	A	A	A	A	A
From 701 to 800	A	C	D	D	A	A	A	A	A	A
From 801 to 900	A	C	D	D	A	A	A	A	A	A
From 901 to 1000	A	C	D	D	A	A	A	A	A	A

AQL Mintavételes ellenőrzés

- n (mintaszám) és k (megengedhető selejt arány) meghatározása:
- A tétel? az AQL szint és a szigorúsági fok alapján történik megadott (szabványos) táblázatokból:

3. TÁBLÁZAT EGY SZERŰ MINTAVÉTELEZÉSI TERV NORMAL VIZSGÁLAT ALAPJÁN (MESTER TÁBLÁZAT)

ELFOGADHATÓ MINŐSÉGI SZINT (NORMAL VIZSGÁLAT)

Metszéses pontszám	Minta mennyisége	ELFOGADHATÓ MINŐSÉGI SZINT (NORMAL VIZSGÁLAT)																	
		0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,6	2,5	4,0	6,3	10	15	25	40	63	100	
A	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
D	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
E	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
F	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
G	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
H	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
J	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
K	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
L	125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
M	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Q	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
R	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
U	900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
V	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

AQL Mintavételes példa

- Feladat:** egy gyártmány 900 db-os tételéből hány db mintát kell vennünk, és azokban mekkora a megengedhető selejtek száma, 1% AQL szint és normál biztonsági követelmény esetén?
- A tétel és a normál biztonság alapján **J** kulcsjel szerint kell eljárni. A **J** kulcsjel és a megkívánt 1%-os AQL táblázati metszéspontjából látható, hogy 80 db-os mintát kell venni és abban az elfogadáshoz 2-3 hiba engedhető meg.

Stabilitás és képesség

- **Képesség:** képes-e a gyártás az előírt gép- és folyamatképeségi követelményeket kielégíteni. (Fogalmukról, számításukról korábbi órán volt szó.)
- **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 folyamatosan meg kell figyelni!
- Figyelni kell a kiugró értékeket, a trendeket!

STABILITÁS ÉS KÉPESÉG

		STABIL?	
		igen	nem
KÉPES?	igen		
	nem		

Pareto-Lorenz elemzés

- A Pareto (hibaok és hibakép) módszer kiegészítése a hibaképek költségének elemzésével.
- Nem biztos, hogy a leggyakoribb hiba okozza a legtöbb veszteséget!
- A sorba rendezett hibaképek gyakorisága alá ábrázoljuk azok összes költségének százalékos arányát is.
- Hibakok költsége:
 - a selejt költségéből,
 - javítási költségéből,
 - osztályos áruk költségéből.

Pareto-Lorenz elemzés

- **Ha mind a két görbe kumulatív exponenciális szaturációt mutat a gyártásunk megfelelő.**
- **Praktikusan:** az első 3-4 hibára esik a jelentkező hibák 2/3-a és a hibák költségeinek 2/3-a.
- Probléma: az egyes hibaképek direkt - indirekt költség sokszor nehezen meghatározható és sok más paraméter is befolyásolja.

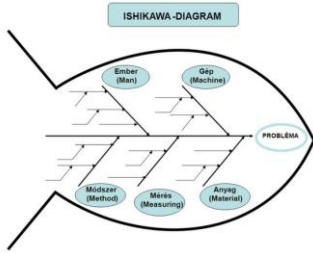
FMEA analízis

- Hibamód és hatás elemzés.
- Alap változata: a hiba súlyosságát, gyakoriságát és észlelhetőségét elemzi és pontozza.
- A pontozás a kedvező (1) értéktől a kedvezőtlen (10) pontszámig halad.
- A három pontszám szorzata az adott hibára vonatkozó eredmény. Minél magasabb, annál súlyosabb minőségi problémával állunk szemben.

Halszálka (Ishikawa) diagram

- Az ok-okozati összefüggések feltárását célozza.
- Az okozathoz általában ember, gép, anyag, módszer, mérés okozta hatások vezetnek. Ezek szisztematikus feltárását segíti a halszálka diagram.
- Kitöltése lényegében brainstorming módszerrel történik.

Ishikawa diagram





ELEKTRONIKAI GYÁRTÁS ÉS MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS

A MEGBÍZHATÓSÁG ELMÉLETI ALAPJAI. ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK ÉS KÉSZÜLÉKEK MEGBÍZHATÓSÁGI JELLEMZŐI

Illés Balázs



BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

AZ ELŐADÁS TÉMAKÖREI

- A megbízhatóság fogalma
- A meghibásodás
- A megbízhatósági függvények
- A megbízhatóság mutatói
- Az alkatrészek főbb típusai megbízhatósági szempontból
- Megbízhatósági analízis példák



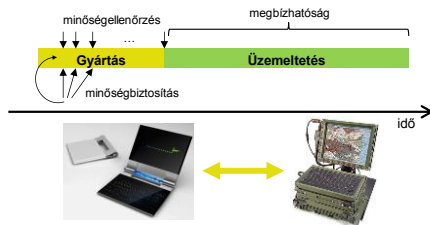
A megbízhatóság alapjai

2/47

A MINŐSÉG ÉS A MEGBÍZHATÓSÁG

Minőség: az adott termék milyen mértékben felel meg azoknak a funkcióknak, amelyeket a fogyasztó tudatosan elvár.

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



A megbízhatóság alapjai

3/47

MEGBÍZHATÓSÁG

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

- Lényeges -> megbízhatóság egy időfüggő fogalom!

MEGHIBÁSODÁS

Meghibásodások fajtái:

1. Meghibásodás közvetlenül a működtetés megkezdése után (az élettartam kezdeti szakaszában).
2. Meghibásodás az élettartam hasznos szakaszában (az alkatrészek előregedése előtt).
3. Meghibásodás az alkatrészek előregedési szakaszban.

MEGHIBÁSODÁS

Meghibásodások okai:

1. Kezdeti szakaszban történő meghibásodás esetén -> **főleg gyártási és alapanyag hibák miatt**
2. Hasznos élettartam alatti meghibásodások esetén -> **véletlen (sztochasztikus) hibák, esetleg nem megfelelő használat**
3. Előregedési szakasz alatti meghibásodások esetén -> **anyagok előregedése miatt**

MEGHIBÁSODÁS

Meghibásodások kezelése:

- Kezdeti meghibásodások
 - Olcsó termék esetén: „nem foglalkozik vele a gyártó”, inkább cseréli az elromlott készüléket
 - Drága termék esetén: „Burn in” módszer
- Burn in módszer: „Túléletik” a kezdeti szakaszt a termékkel a gyártás helyén (pl. hűtőszekrényeket 2 napig járatták eladás előtt)

MEGHIBÁSODÁS

Meghibásodások kezelése:

- Hasznos élettartam alatti meghibásodások
 - Garanciális szerviz (majd garanciális szerviz után sima szerviz)
- Előregedési szakasz alatti meghibásodások
 - Generálózás, felújítás, kopó alkatrészek cseréje, főleg nagyon értékű készülékek esetén (pl. autó)

MEGHIBÁSODÁS

„Fizikai vs erkölcsi” elévülés

- A tényleges fizikai és erkölcsi elévülés sok esetben nem esik egybe (pl. mobil kommunikációs eszközök).
- 20. századi megbízhatósági filozófia: nem igazán ismerte az erkölcsi elévülést „egy termék annál inkább eladható minél tovább működik”, (pl. Hajdú mosógépek 20 évig is működtek).
- Mára nagy szerepe van az erkölcsi elvülésnek!

MEGHI BÁSODÁS

Élettartam tervezése:

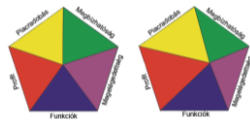
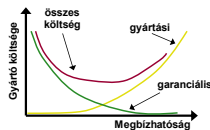
- Ha készülék tovább működik mint amíg úgy is lecserélik az sem a vevőnek sem a gyártónak nem érdeke.
- Termékeket úgy kell megtervezni, hogy az erkölcsi és fizikai elévülés közel egybe essen.
- Manapság gyakran alkalmazott üzletpolitika: „*Fizikai elévüléssel presszionált csere*” (pl. háztartási gépeket 6-8 éves élettartamra gyártják, ha akarom ha nem cserélni kell...)

MEGBÍZHATÓSÁGI TERVEZÉS

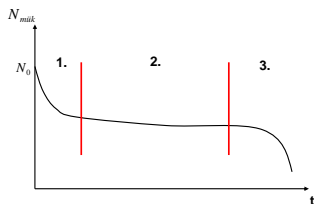
A megbízhatósági tervezés segítségével alkatrészek, készülékek, rendszerek meghatározott időben, meghatározott körülmények között történő (hibamentes) működése meghatározott pontossággal tervezhető, „jósolható”.

A megbízhatósági tervezés alkalmazásának előnyei:

- növelhető a termék megbízhatósága,
- megtalálható a termék megbízhatóságának optimuma (a gyártói költségek tükrében),
- kritikus rendszerek esetén tervezhető a preventív javítás időpontja,
- tervezhető a termék élettartama (korai meghibásodás, erkölcsi elavulás),
- kritikus rendszerek esetén tervezhető a tartalékolás mértéke,
- a termék elemeinek megbízhatósága összehangolható.

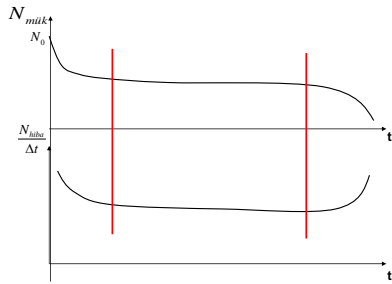


AZ ÁLLOMÁNY FÜGGVÉNY



1. Kezdeti meghibásodások szakasza
2. Hasznos élettartam
3. Elhasználódás szakasza

ÁLLOMÁNY FÜGGVÉNY ÉS KÁD GÖRBE



A MEGBÍZHATÓSÁGI FÜGGVÉNYEK

- A működés valószínűsége (sokszor egyszerűen, bár pontatlanul ezt nevezik megbízhatóságnak)
- A meghibásodás valószínűsége, vagy más megközelítésben a működési idő eloszlásfüggvénye
- A működési idő sűrűségfüggvénye
- A meghibásodási ráta
- Jellegzetességük, hogy bármelyikből bármelyik másik három kiszámítható!

A MEGBÍZHATÓSÁGI FÜGGVÉNYEK

Tetszőleges eloszlásra:

Megbízhatósági függvény: $R(t) = \frac{N_t}{N_0}$

Hiba függvény: $F(t) = \frac{N_0 - N_t}{N_0}$

Meghibásodás sűrűség függvénye: $f(t) = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{N_0 \Delta t}$

Hibarata függvény: $\lambda(t) = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{N(t) \Delta t}$

A MEGBÍZHATÓSÁGI FÜGGVÉNYEK

Egymásból történő kiszámítás módjai:

$$F(t) = 1 - R(t)$$

$$f(t) = F'(t)$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = -\frac{R'(t)}{R(t)}$$

A MŰKÖDÉS VALÓSZÍNŰSÉGE

- A működési valószínűség egy adott időpontban egyenlő az $R(t)$ függvény értékével.
- A hasznos élettartam szakaszára:

$$\lambda(t) = -\frac{R'(t)}{R(t)} \longrightarrow \int_0^t \lambda(t) dt = \int_0^t -\frac{R'(t)}{R(t)} dt$$

$$\int_0^t \lambda(t) dt = -\ln R(t) \longrightarrow R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$$

VÁRHATÓ MŰKÖDÉSI IDŐ

- A megbízhatósági vizsgálatok egyik legfontosabb kérdése: mennyi a várható élettartam = várható működési idő
- A megbízhatósági függvény alapján becsülhető:

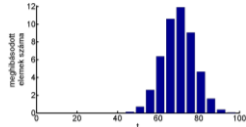
$$T_0 = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

- Ha a λ konstans:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda}$$

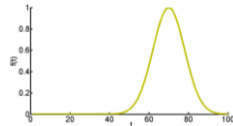
A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

Alapkísélet: üzemeltessünk azonos alkatrészeket azonos körülmények között, és vegyük fel grafikonra, hogy a működési idők (τ) milyen időintervallumokba esnek:



Végtelen sok alkatrészt feltételezve az időintervallumok szélessége infintezimálásra csökkenthető, a függvényt 1-re normáljuk, így kapjuk a megbízhatósági sűrűségfüggvényt ($f(t)$).

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq \tau < t + \Delta t)}{\Delta t}$$



A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

A megbízhatósági sűrűségfüggvény „felhasználása”:

• adott időpontig bekövetkező meghibásodás valószínűsége (meghibásodási függvény, $F(t)$):

$$F(t) = P(\tau \leq t) = \int_0^t f(t) dt$$

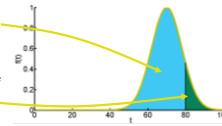
• adott időpontig történő működés valószínűsége (megbízhatósági függvény, $R(t)$):

$$R(t) = P(\tau > t) = \int_t^{\infty} f(t) dt$$

• várható élettartam: $T_0 = E(\tau) = \int_0^{\infty} R(t) dt$

• adott időpontig (egységnyi idő alatt) bekövetkező meghibásodások száma (hibarátai függvény): egy alkatrész populációjában történt meghibásodások száma osztva a meghibásodásig (vagy a vizsgálat végéig) eltelt idők összegével:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{\Delta t \cdot R(t)} = -\frac{R'(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}$$



A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

Egy alkatrész megbízhatósága (megbízhatósági mutatói) nagyban függ az alkatrész kivitelétől és az üzemeltetés körülményeitől. Elektronikus alkatrészek esetén a legfontosabb tényezők:

- 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:
 - hőmérséklet ingadozása,
 - páratartalom és ingadozása,
 - rázás, ütés (pl. asztali, mobil, autóelektronikai készülék),
 - egyéb hatások (pl. korrozív környezet).

} Bizonytalan!

ALKATRÉSZEK FŐBB TÍPUSAI

2. Exponenciális típusú alkatrész megbízhatósági mutatói:

BMEETT A megbízhatóság alapjai 25/47

ALKATRÉSZEK FŐBB TÍPUSAI

- Nem elhasználódó, exponenciális eloszlású alkatrészek:
- Ha λ konstans értékű, akkor:

$$\lambda(t) = \lambda$$

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}$$
- Lényeges: anyagszerkezeti kopás mindenhol van, semmi sem működik örökké, csak emberi léptékben.

BMEETT A megbízhatóság alapjai 26/47

ALKATRÉSZEK FŐBB TÍPUSAI

3. Weibull:

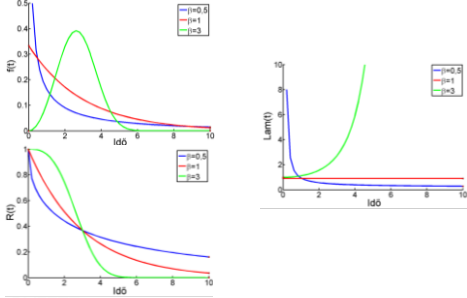
- leginkább összetett rendszerek leírására alkalmas, melyeknél az élettartam kezdeti szakaszában korai meghibásodások lehetnek, az élettartam végén pedig elhasználódás jellegű hibajelenségek léphetnek fel.
- $\lambda(t)$ az élettartam során csökken, stagnál, majd növekszik.
- leírás: $f(t) = \frac{\beta}{\eta}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

Példák: készülékek, részegységek, összetett alkatrészek

BMEETT A megbízhatóság alapjai 27/47

ALKATRÉSZEK FŐBB TÍPUSAI

3. Weibull típusú alkatrész megbízhatósági mutatói ($\eta=3$):



ALKATRÉSZEK FŐBB TÍPUSAI

- Elhasználódó, Weibull eloszlással jellemezhető alkatrészek
- Öregedő (leginkább mechanikailag kopó) objektumok a két paraméteres Weibull-eloszlással modellezhetők megbízhatósági szempontból:

$$R(t) = e^{-at^\beta}$$

$$F(t) = 1 - e^{-at^\beta}$$

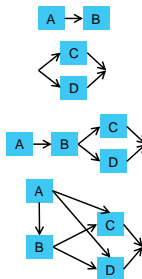
$$f(t) = \alpha \cdot \beta \cdot t^{\beta-1} \cdot e^{-at^\beta}$$

$$\lambda(t) = \alpha \cdot \beta \cdot t^{\beta-1}$$

ÖSSZETETT RENDSZEREK

Összetett rendszerek megbízhatósági modelljének előállítására az elemek közötti kapcsolatok alapján:

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



ÖSSZETETT RENDSZEREK TÍPUSAI

A megbízhatóság növelésének lehetőségei:

- meghibásodások számának csökkentése, soros rendszer megbízhatóbbá tétele:
 - kevés alkatrész,
 - kis λ értékek (jó minőségű alkatrészek),
 - csökkentett terhelés (derating),
 - azonos λ értékre törekvés.
- soros rendszer helyett redundáns rendszer alkalmazása.



ÖSSZETETT RENDSZEREK TÍPUSAI

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):



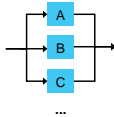
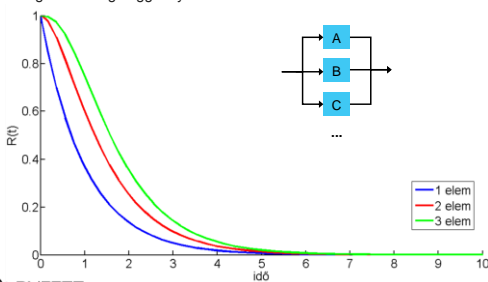
$$F_i(t) = F_1(t) \cdot F_2(t) \cdot \dots \cdot F_n(t) = \prod_{i=1}^n F_i(t)$$

- várható élettartam n db, egyforma elem esetén:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_1} \left(1 + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{n} \right) = T_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{n} \right)$$

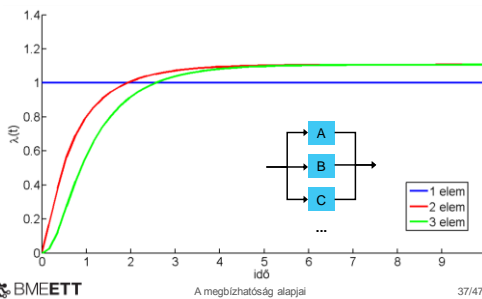
ÖSSZETETT RENDSZEREK TÍPUSAI

Exponenciális elemekből álló melegtartalékolt rendszer megbízhatósági függvénye:



ÖSSZETETT RENDSZEREK TÍPUSAI

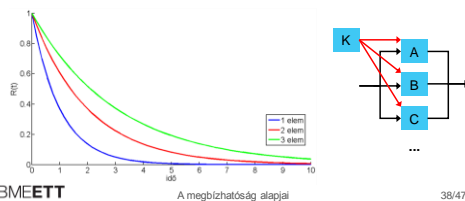
Exponenciális elemekből álló melegtartalekolt rendszer hibaráta függvénye:



ÖSSZETETT RENDSZEREK TÍPUSAI

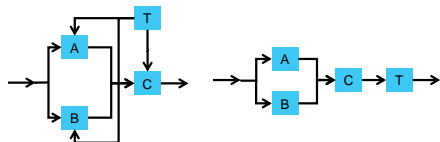
Párhuzamos, hidegtartalekolt rendszer:

- 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:



ÖSSZETETT RENDSZEREK TÍPUSAI

Komplex rendszer megbízhatósági paramétereinek számítása:



$$R_c(t) = R_p(t) \cdot R_s(t) = [R_A(t) + R_B(t) - R_A(t) \cdot R_B(t)] R_C(t) \cdot R_T(t)$$

ÖSSZETETT RENDSZEREK TÍPUSAI

Egyéb, megbízhatóságot növelő megoldások:

- önteszt, automatikus hibadiagnózis, önellenőrző áramkörök, watch-dog áramkörök,
- többségi , majoritásos redundancia:
 - páratlan számú elemből áll,
 - szükséges egy nagy megbízhatóságú „döntéshozó” áramkör,
 - akkor ad helyes döntést, ha legalább $(n+1)/2$ elem működőképes.



BMEETT

A megbízhatóság alapjai

40/47

ME CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MEGBÍZHATÓSÁGI ANALÍZIS MENETE

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.



BMEETT

A megbízhatóság alapjai

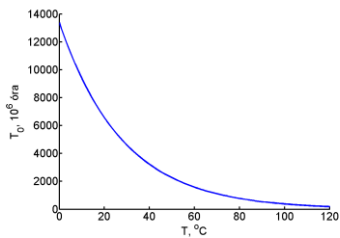
41/47

ME CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MEGBÍZHATÓSÁGI ANALÍZIS, PÉLDÁK

Alkatrészek vizsgálata:

0408 méretkódú ellenállás várható élettartama, a hőmérséklet hatása



BMEETT

A megbízhatóság alapjai

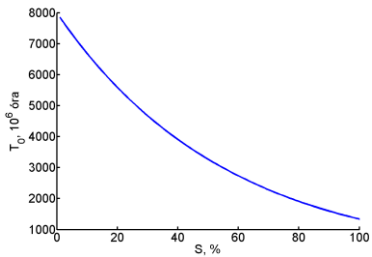
42/47

ME CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MEGBÍZHATÓSÁGI ANALÍZIS, PÉLDÁK

Alkatrészek vizsgálata:

0408 méretkódú ellenállás várható élettartama, a terhelés hatása



BMEETT

A megbízhatóság alapjai

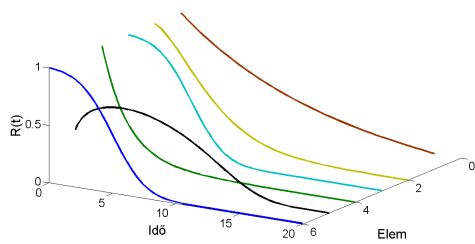
43/47

MEGCONNECT CHAIRS AND SYSTEMS

MEGBÍZHATÓSÁGI ANALÍZIS, PÉLDÁK

Vegyes rendszer vizsgálata:

elemek $R(t)$ függvényei



BMEETT

A megbízhatóság alapjai

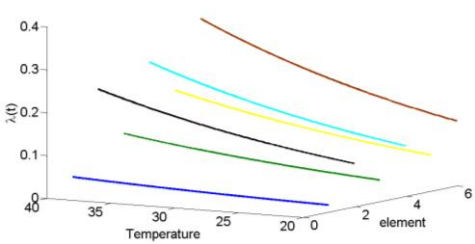
44/47

MEGCONNECT CHAIRS AND SYSTEMS

MEGBÍZHATÓSÁGI ANALÍZIS, PÉLDÁK

Vegyes rendszer vizsgálata:

elemek $\lambda(T)$ függvényei



BMEETT

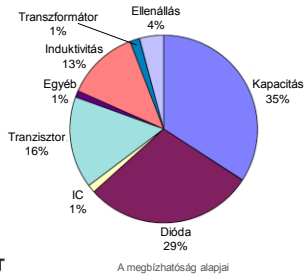
A megbízhatóság alapjai

45/47

MEGCONNECT CHAIRS AND SYSTEMS

MEGBÍZHATÓSÁGI ANALÍZIS, PÉLDÁK

Vegyes rendszer vizsgálata:
az egyes alkatrészcsoportok „hozzájárulása a meghibásodási függvényhez”
(ipari kivitelű kapcsolóüzemű tápegység példáján)

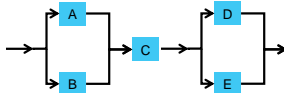


ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

- Adja meg a megbízhatóság definícióját!
- Sorolja fel a megbízhatóság legfontosabb mutatóit! Ezen mutatók közül melyik az, amelyet közvetlenül mérni tudunk?
- Megbízhatósági szempontból hogyan lehet csoportosítani az elektronikai alkatrészeket? Adja meg az egyes csoportok jellemzőit is!
- Milyen módszerekkel lehet meghatározni az alkatrészek hazardfüggvényét? Melyik módszer elterjedtebb a gyakorlatban?
- Melyek azok a paraméterek, amelyek leginkább befolyással vannak az elektronikai alkatrészek élettartamára (megbízhatósági mutatóira)?
- A készülékek megbízhatósági modelljének milyen grafikus ábrázolási módszerei léteznek? Mi a fő különbség ezek között?
- Milyen alapstruktúrák fordulhatnak elő a készülékek megbízhatósági modelljében?
- Soros rendszer megbízhatósági jellemzői, a megbízhatóság növelésének módszerei.
- Melegtartalékolt rendszer megbízhatósági jellemzői. Hogyan érdemes üzemeltetni egy melegtartalékolt rendszert?
- Hidegtartalékolt rendszer megbízhatósági jellemzői. Mi a hidegtartalékolt rendszer legfontosabb hátránya (megbízhatósági szempont)?
- Mi a megbízhatósági modellezés-analízis szerepe, célja?

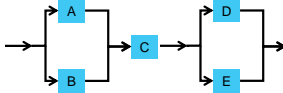
ÖSSZETETT RENDSZEREK TÍPUSAI (PÉLDÁK)

- $R_a(t)=0.5$
 $R_b(t)=0.5$
 $R_c(t)=0.7$
 $R_d(t)=0.6$
 $R_e(t)=0.5$



ÖSSZETETT RENDSZEREK TÍPUSAI (PÉLDÁK)

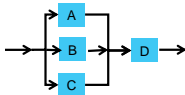
$R_a(t)=0.5$
 $R_b(t)=0.5$
 $R_c(t)=0.7$
 $R_d(t)=0.6$
 $R_e(t)=0.5$



$$R_c(t) = R_p(t) \cdot R_s(t) = [R_A(t) + R_B(t) - R_A(t) \cdot R_B(t)] \cdot R_C(t) \cdot [R_D(t) + R_E(t) - R_D(t) \cdot R_E(t)] = 0.42$$

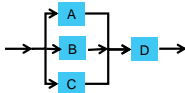
ÖSSZETETT RENDSZEREK TÍPUSAI (PÉLDÁK)

$R_a(t)=0.5$
 $R_b(t)=0.5$
 $R_c(t)=0.7$
 $R_d(t)=0.6$



ÖSSZETETT RENDSZEREK TÍPUSAI (PÉLDÁK)

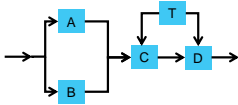
$R_a(t)=0.5$
 $R_b(t)=0.5$
 $R_c(t)=0.7$
 $R_d(t)=0.6$



$$R_c(t) = R_p(t) \cdot R_s(t) = [R_{AB}(t) + R_C(t) - R_{AB}(t) \cdot R_C(t)] \cdot R_D(t) = 0.555$$

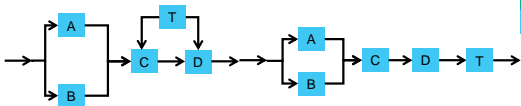
ÖSSZETETT RENDSZEREK TÍPUSAI (PÉLDÁK)

$R_a(t)=0.5$ $R_b(t)=0.5$
 $R_c(t)=0.7$ $R_d(t)=0.6$
 $R_t(t)=0.7$



ÖSSZETETT RENDSZEREK TÍPUSAI (PÉLDÁK)

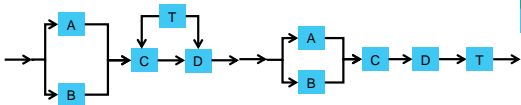
$R_a(t)=0.5$ $R_b(t)=0.5$
 $R_c(t)=0.7$ $R_d(t)=0.6$
 $R_t(t)=0.7$



$$R_x(t) = R_p(t) \cdot R_s(t) = [R_A(t) + R_B(t) - R_A(t) \cdot R_B(t)] \cdot R_C(t) \cdot R_D(t) \cdot R_T(t) = 0,22$$

ÖSSZETETT RENDSZEREK TÍPUSAI (PÉLDÁK)

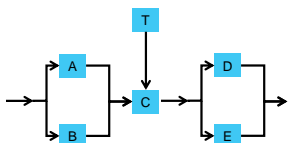
$R_a(t)=0.5$ $R_b(t)=0.5$
 $R_c(t)=0.7$ $R_d(t)=0.6$
 $R_t(t)=0.7$



$$R_x(t) = R_p(t) \cdot R_s(t) = [R_A(t) + R_B(t) - R_A(t) \cdot R_B(t)] \cdot R_C(t) \cdot R_D(t) \cdot R_T(t) = 0,22$$

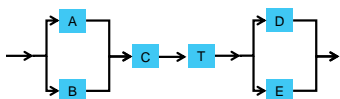
ÖSSZETETT RENDSZEREK TÍPUSAI (PÉLDÁK)

$R_a(t)=0.5$
 $R_b(t)=0.5$
 $R_c(t)=0.7$
 $R_d(t)=0.6$
 $R_e(t)=0.5$
 $R_t(t)=0.6$



ÖSSZETETT RENDSZEREK TÍPUSAI (PÉLDÁK)

$R_a(t)=0.5$
 $R_b(t)=0.5$
 $R_c(t)=0.7$
 $R_d(t)=0.6$
 $R_e(t)=0.5$
 $R_t(t)=0.6$



$$R_x(t) = R_p(t) \cdot R_s(t) = [R_a(t) + R_b(t) - R_a(t) \cdot R_b(t)] \cdot R_c(t) \cdot R_t(t) \cdot [R_c(t) + R_d(t) - R_c(t) \cdot R_d(t)] = 0.252$$



ELEKTRONIKAI GYÁRTÁS ÉS MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS

**MEGBÍZHATÓSÁGI VIZSGÁLATOK,
KÖRNYEZETÁLLÓSÁGI VIZSGÁLATOK,
GYORSÍTOTT ÉLETTARTAM TESZTEK ÉS
MODELLEK**

Illés Balázs



BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Tartalom

- Megbízhatósági vizsgálatok osztályozása
- Megbízhatósági vizsgálatok tervezése
- Környezetállósági vizsgálatok
- Gyorsított Környezetállósági vizsgálatok
- Gyorsított élettartam tesztek
- Élettartam modellek



Megbízhatósági vizsgálatok

2/34

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MEGBÍZHATÓSÁGI VIZSGÁLATOK OSZTÁLYOZÁSA

Vizsgálat célja

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

Vizsgálat helyszíne

- Laboratóriumi vizsgálat
- Üzemeltetési vizsgálat

Igénybevételi körülmények

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



Megbízhatósági vizsgálatok

3/34

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MEGBÍZHATÓSÁGI VIZSGÁLATOK TERVEZÉSE

A tervezéskor eldöntendő kérdések:

- Vizsgálat célja
 - Élettartam meghatározás (főleg gyorsított)
 - Paraméterek degradációjának vizsgálata (főleg névleges)
- Paraméterek megválasztása
 - Alkatrészeknél egy-két paraméter
 - Készülékeknél, rendszereknél több paraméter
- Paraméterek meghibásodási határainak megállapítása
- Vizsgálati feltételek, körülmények megválasztása
- Vizsgáló berendezés megválasztása

MEGBÍZHATÓSÁGI VIZSGÁLATOK TERVEZÉSE

A tervezéskor eldöntendő kérdések:

- Vizsgálandó minta nagysága (biztonsági kockázati szint, megbízhatósági jellemző előírt értéke, gazdaságosság)
- Vizsgálat befejezésének módja
 - Előírt vizsgálati idő elérése
 - Előírt meghibásodási szám elérése
- A vizsgálat értékelése, a termék minősítése

MEGBÍZHATÓSÁGI VIZSGÁLATOK MENETE

- **A minták előkezelése (pre-conditioning):** lényeges, hogy a vizsgált minták ugyan olyan előléttel 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

KÖRNYEZETÁLLÓSÁGI VIZSGÁLATOK

Cél: a környezeti feltételek utánzásával, vagy hatásaik lemásolásával annak az igazolása, hogy a minta képes-e elviselni a környezeti feltételeket, működőképese-e ilyen feltételek között.

- Általában degradációs vizsgálatok
- Általában alkatrészeken, nagy mintákon
- Rendszerint egymást követő vizsgálatokból (vizsgálat sorozatból) állnak. Ezek sorrendjének és a vizsgálati időnek megválasztása fontos műszaki, gazdasági feladat.

(Pl. MSz EN 60068-1,-2,-3,-4 (IEC 68))

KÖRNYEZETÁLLÓSÁGI VIZSGÁLATOK

Legfontosabb környezetállósági vizsgálat típusok:

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

GYORSÍTOTT KÖRNYEZETÁLLÓSÁGI VIZSGÁLATOK

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

- Csak olyan gyorsított vizsgálati eljárást szabad alkalmazni, amelynél olyan hibák keletkeznek, amelyek normális üzem esetén is előfordulnak, csak akkor sokkal ritkábban.
- Előfordulhatnak más hibamechanizmusok is, így a gyorsított vizsgálatok pontossága általában korlátozott.
- Ajánlatos a gyorsított vizsgálatoknál a lépcsőzetességi elv (step stress) alkalmazása.

GYORSÍTOTT KÖRNYEZETÁLLÓSÁGI VIZSGÁLATOK

Legfontosabb gyorsítási paraméterek:

- Hőmérséklet
- Relatív nedvességtartalom
- Légnomás
- Villamos terhelés (teljesítmény, áram, feszültség)
- Mechanikai terhelés (rázás, ütés, ejtés stb.)
- Bonyolultabb vizsgálatoknál az előbbieik kombinációja

GYORSÍTOTT KÖRNYEZETÁLLÓSÁGI VIZSGÁLATOK

Hőmérséklet változás hatásai:

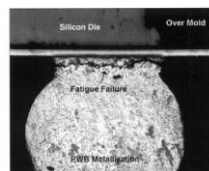
Magas hőmérséklet:

- Elektronikus anyagok, alkatrészek elektromos tulajdonságait 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

GYORSÍTOTT KÖRNYEZETÁLLÓSÁGI VIZSGÁLATOK

Hőmérséklet változás hatásai:

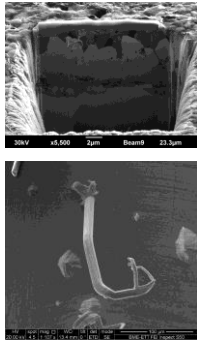
- Az egymással szoros hőcsatolásban lévő anyagok esetén a rétegek között mechanikai feszültségek lépnek fel
- Az ismételt (gyors) felmelegedési és lehűlési folyamatok mechanikai degradációhoz, töréshez vezethetnek - forrasz törés.



GYORSÍTOTT KÖRNYEZETÁLLÓSÁGI VIZSGÁLATOK

Magas hőmérséklet hatása:

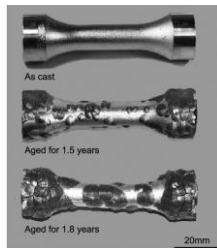
- A hőmérséklet növekedés nem kívánt kémiai reakciók elindulásához vezethet
- Növekedhet a korróziós hajlam
- Gyorsul a diffúzió, IMC réteg növekedés, ön „whisker” jelenségek



GYORSÍTOTT KÖRNYEZETÁLLÓSÁGI VIZSGÁLATOK

Alacsony hőmérséklet hatása:

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



GYORSÍTOTT KÖRNYEZETÁLLÓSÁGI VIZSGÁLATOK

Légnedvesség hatása:

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

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

A nedvesség fizikai megjelenése:

- Kondenzáció - lecsapódás
- Abszorpció – a vízmolekulák felhalmozódása egy anyagban
- Diffúzió – a vízmolekulák áthatolása az anyagon a parciális nyomáskülönbség hatására (pl műanyag token)

GYORSÍTOTT KÖRNYEZETÁLLÓSÁGI VIZSGÁLATOK

Légnedvesség hatása:

Fizikai tulajdonságok változása:

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

Villamos tulajdonságok változása

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

GYORSÍTOTT KÖRNYEZETÁLLÓSÁGI VIZSGÁLATOK

Légnedvesség hatása:

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

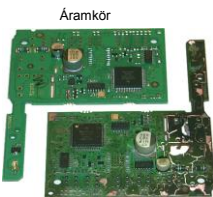


GYORSÍTOTT ÉLETTARTAM TESZTEK

Cél: A meghibásodási ráta és a várható élettartam meghatározása a meghibásodási folyamatok fizikai és kémiai felgyorsításával

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



Áramkör 48 óra HAST után

HTSL - HIGH TEMPERATURE STORAGE LIFE TESZT

Pl. JEDEC STD22-A103:

- Aktív és passzív elektromos elemek emelt hőmérsékleten történő tárolása
- Elektronikus áramkörökhöz ajánlott hőmérséklet: $T = 125$ or $T = 150$ ($-0/+10$) °C
- Teszt időtartam: $t = 1000$ óra
- Villamos terhelés és vizsgálat közbeni mérés nincs
- A befejező méréseket (paramétermérés és funkcionális teszt) a vizsgálatot követő 96 órán belül el kell végezni.



- Kemence paraméterek:**
- Hőmérséklet tartomány: $-40...+150$ °C
 - RH tartomány: 20...100 %
 - Belső kemence méret: 30x25x30 cm

THB - TEMPERATURE, HUMIDITY AND BIAS TESZTEK

Pl. JEDEC STD22-A101:

Teszt 1 (konstans):

- Teszt hőmérséklet: $T_1 = 85$ (± 2) °C
- RH: $RH_1 = 85$ (± 5) %
- Teszt időtartam: $t = 1000$ óra

Teszt 2 (konstans):

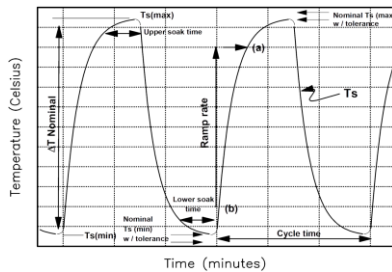
- Teszt hőmérséklet: $T_2 = 40$ (± 2) °C
- RH: $RH_2 = 90$ (± 5) %
- Teszt időtartam : $t = 1000$ hour
- **Villamos terhelés AC / DC.** A teszt alatt a készülék hődisszipációja >200 mW kell legyen.



- Kemence paraméterek:**
- Hőmérséklet tartomány: $-40...+150$ °C
 - RH tartomány: 20...100 %
 - Belső kemence méret: 30x25x30 cm

TC - THERMAL CYCLE TESZT

pl. JEDEC STD22-A104, az előző kemencében elvégezhető



Tipikus paraméterek:

Max hőmérsékleten tartási idő ($T_{s,max}$, $T_{s,min}$): 10 perc, Ciklus idő: ~60 min, Hőmérséklet tartomány: -40 ($+0/-10$) ... $+125$ ($+15/-0$) °C

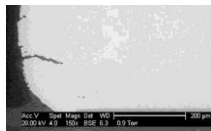
TS - THERMAL SHOCK TESZT

pl. JEDEC STD22-A106:

- Két kamrás vizsgáló berendezés (meleg és hideg kamrák)
- Kamrák között gyors váltás egy lift segítségével
- Hőmérséklet tartomány:
 - 55 (+0/-10) ... +125 (+15/-0) °C
- Kamrák közötti átviteli idő < 20 sec.
- Tipikus ciklus idő: 20-30 min.
- Tipikus ciklus szám: 1000



BGA kötés törése 1000 ciklus után



Tipikus kamra paraméterek:

- Hőmérséklet tartomány:
 - 65...+200 °C
- Előírt hőmérséklet elérése kevesebb mint 5 perc alatt
- Belső kamraméret:
 - 30x20x15 cm



Megbízhatósági vizsgálatok

22/34

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HAST - HIGHLY ACCELERATED STRESS TEST

Elektronikus termékek korróziós ellenálló képességének vizsgálatára.

e.g. JEDEC STD22-A110 or STD22-A102

- „Gyenge” HAST paraméterek:
 - T = 105 °C, RH = 100 %, P = +1·10⁵ Pa
- „Erős” HAST paraméterek:
 - T = 121 °C, RH = 100 %, P = +2·10⁵ Pa



Tipikus kamra paraméterek:

- Hőmérséklet tartomány:
 - 105...+143 °C
- RH:
 - 75...100 %RH
- Túlnyomás:
 - +2·10⁴...2·10⁵ Pa
- Belső kamraméret:
 - 25x32x25 cm



Megbízhatósági vizsgálatok

23/34

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

VIBRÁCIÓS TESZTEK

Rezgések károsító hatása (autóelektronika):

- Szerkezeti anyagok kifáradása
- Mechanikai kötések kilazulása
- Forrasztási kötések szilárdság gyengülése
- Alkatrészek jellemző adatainak ingadozása

Rezgésállósági vizsgálatok

- Rázóasztal, szinuszos jel, háromszög jel
- Fázisok:
 - Kezdő rezonancia keresés (stroboszkóp)
 - Pásztázásos vizsgálat. Pl.: 10 -200 -10 Hz
 - Pásztázási sebesség: 1 oktáv/perc
 - Befejező rezonanciakeresés
- Záró vizsgálatok



Megbízhatósági vizsgálatok

24/34

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ÉLETTARTAM MODELLEK

Gyorsított élettartam vizsgálatok célja: a mintadarabok átlagos tönkremeneteli idejéből a vizsgálati (stressz) körülmények hatásainak ismeretében következtetni a valós átlagos élettartamra.

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

ahol: t_{life} : normál élettartam, t_{test} : vizsgálati élettartam,
S= vizsgálati (stressz) körülmények. pl.: S_U – feszültség, S_T - hőmérséklet, S_{RH} – relatív nedvesség stb.
Több feltétel együttes alkalmazásakor, feltételezve, hogy egymástól függetlenül fejtik ki hatásukat:

Feladatok:

- A vizsgálati körülmények alapján a gyorsítási tényező meghatározása → élettartam modell
- Az átlagos tönkremeneteli idő (ttest) meghatározása

ÉLETTARTAM MODELLEK

- 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

ÉLETTARTAM MODELLEK

Hőmérséklet hatása – ARRHENIUS modell

- Konstans hőmérsékletű (hőntartásos) vizsgálatokhoz (HTSL, TH(B))
- Kémiai reakciók, diffúziós folyamatok, migrációs
- folyamatok felgyorsulása,

$$\text{Mean time to failure: } MTF = t = A_0 \cdot \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right)$$

Gyorsítási faktor:

$$AF(T) = \frac{t_{life}}{t_{test}} = \exp\left(\frac{E_a}{k} \cdot \left(\frac{1}{T_{life}} - \frac{1}{T_{test}}\right)\right)$$

k - Boltzman állandó: $8.617 \cdot 10^{-5}$ [eV/K]

E_a - Aktivációs energia [eV]

T - Hőmérséklet [K]

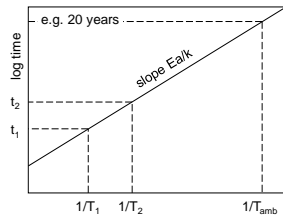
AKTIVÁCIÓS ENERGIA

- 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

AKTIVÁCIÓS ENERGIA SZÁMÍTÁSA

- Az adott tesztet különböző hőmérsékleten elvégezve a mért MTTF értékekből.
- Csak abban az esetben érvényes ha az Arrhenius modell valóban leírja az alkalmazott teszt körülményt. Pl.:

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



$$E_a = k \cdot \frac{\ln\left(\frac{t_2}{t_1}\right)}{\left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right]}$$

$$= \frac{8.615 \cdot 10^{-5} \cdot \ln\left(\frac{4000}{310}\right)}{\frac{1}{373} - \frac{1}{423}} \cong 0.68\text{eV}$$

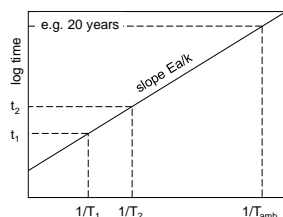
AKTIVÁCIÓS ENERGIA SZÁMÍTÁSA

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 20°C

Test Temperature (°C)	Acceleration Factor	Test Duration (hours)
125	68	290
150	315	600
180	585	320



ÉLETTARTAM MODELLEK

Hőmérséklet változás hatása- COFFIN-MANSON modell

- Olyan élettartam vizsgálati módszerekhez ahol változik a hőmérséklet (TC, TS)
- Elsősorban hőtágulási együtthatók különbségéből származó mechanikai feszültségek, törések (forrasz) vizsgálata.
- Mean time to failure: $MTTF = t = (\Delta T)^{-m}$ $m \approx 2$
- Gyorsítási faktor:

$$AF(T) = \frac{t_{life}}{t_{test}} = \left(\frac{\Delta T_{test}}{\Delta T_{life}} \right)^m$$

Módosított COFFIN-MANSON modell

$$AF = \left(\frac{\Delta T_{test}}{\Delta T_{life}} \right)^m \cdot \left(\frac{f_{test}}{f_{life}} \right)^n \cdot \exp \left(\frac{E_a}{k} \left(\frac{1}{T_{max\,life}} - \frac{1}{T_{max\,test}} \right) \right)$$

ÉLETTARTAM MODELLEK

Hőmérséklet és villamos terhelés hatása – EYRING modell

- Mean time to failure:

$$MTTF = t = (V)^{-N} \exp \left(\frac{E_a}{kT} \right)$$

- Gyorsítási faktor:

$$AF(V, T) = AF(V) \cdot AF(T) = \left(\frac{V_{test}}{V_{life}} \right)^N \exp \left[\frac{E_a}{k} \left(\frac{1}{T_{life}} - \frac{1}{T_{test}} \right) \right]$$

Hőmérséklet, páratartalom és villamos terhelés hatása- PECK modell

- Mean time to failure:

$$MTTF = t = V^{-m} (RH)^{-n} \exp \left(\frac{E_a}{kT} \right)$$

$$AF(V, RH, T) = \left(\frac{V_{test}}{V_{life}} \right)^m \left(\frac{RH_{test}}{RH_{life}} \right)^n \exp \left(\frac{E_a}{k} \left(\frac{1}{T_{life}} - \frac{1}{T_{test}} \right) \right)$$

GYORSÍTÁSI FAKTOROK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

	H _{30%}	T _{30%}	H _{50%}	T _{50%}	(H/H) ⁿ	exp(...)	AF _{norm}	AF _{85/85}	AF _{95/112}
Normal: 50/40	50	313	50	313	1,00	1,0	1,0		
TH: 85/85	50	313	85	358	4,91	26,0	127,9	1,00	
HAST1: 95/112	50	313	95	385	6,86	127,6	875,4	6,85	1,00
HAST2: 95/120	50	313	95	393	6,86	196,0	1344,6	10,51	1,54
HAST3: 100/120	50	313	100	393	8,00	196,0	1568,3	12,26	1,79
HAST4: 100/130	50	313	100	403	8,00	327,2	2618,0	20,47	2,99

	$\Delta U_{test} / \Delta U_{TS}$	U_{Te-U}	U_{Te-I}	ΔU_{life}	U_{est-U}	U_{est-I}	ΔU_{test}	AF _{norm}	AF _{85/85}	AF _{95/112}
TS1: 165/15	35	20	15	125	-40	165	121,0	1,06	7,23	
TS2: 165/20	40	20	20	125	-40	165	68,1	1,88	12,86	
TS3: 165/50	70	20	50	125	-40	165	10,9	11,74	80,39	

ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Mik a megbízhatósági vizsgálatok szokásos lépései?
2. Milyen szempontok alapján osztályozhatók a megbízhatósági vizsgálatok?
3. Sorolja fel a legfontosabb környezetállósági vizsgálatokat!
4. Definiálja a gyorsított környezetállósági vizsgálatokat!
5. Milyen nem kívánt hatásokat idéz elő a magas hőmérséklet az elektronikus áramkörökben?
6. Milyen nem kívánt hatásokat idéz elő az alacsony hőmérséklet az elektronikus áramkörökben?
7. Milyen nem kívánt hatásokat idéz elő a hőmérséklet változás az elektronikus áramkörökben?
8. Milyen nem kívánt hatásokat idéz elő a légnedvesség az elektronikus áramkörökben?
9. Milyen gyorsított élettartam vizsgálatokat ismer, definiálja a gyorsítási faktor fogalmát!
10. Milyen élettartam modelleket ismer? Melyik milyen környezeti hatást modellez?
11. Definiálja az aktivációs energiát! Hogyan határozható meg az Arrhenius modell esetén?



ELEKTRONIKAI GYÁRTÁS ÉS MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS

ELEKTRONIKAI SZERELŐÜZEMEK GYÁRTÁSSZERVEZÉSE



BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Tartalom

- Minőség egy fajta definíciója
- Ellátási lánc
- Gyártásszervezés feladatai
- Termékbevezetés–Követelmények
- Termékbevezetés folyamata
- Termékbevezetés fázisai
- Folyamat felügyelet



Elektronikai szerelőüzemek gyártásszervezése

2/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MINŐSÉG EGY FAJTA DEFINÍCIÓJA

Minőség:

a termék vagy szolgáltatás olyan tulajdonságainak és jellemzőinek összessége, amelyek hatással vannak a terméknek arra a képességére, hogy kifejezett vagy elvárható igényeket kielégítsen



Amiért a vásárló/felhasználó fizet!!!



Elektronikai szerelőüzemek gyártásszervezése

3/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

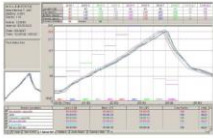
TERMÉKBEVEZETÉS – FOLYAMAT ELLENŐRZÉS



Reflow oven

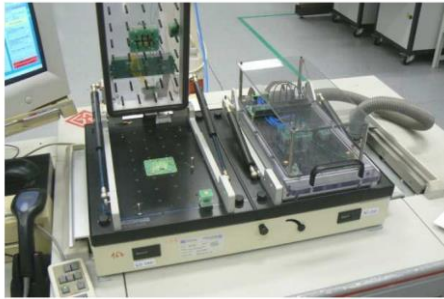


Reflow oven screenshot



TERMÉKBEVEZETÉS – VÉGELLENŐRZÉS

Egyedi mérőbefogó – kombinált ICT és Funkcionális Test



TERMÉKBEVEZETÉS – III. FÁZIS

III. Fázis		
Mintagyártás		
Material	Ujratölti minta adása	Tervező
Termelés	Gépek berendezések felhívása a készített anyagokkal (Fiber Setup - betárazás)	Ujratöltött betárazó személyzet
Folyamat mérnök	Gépkészítők ellenőrzése	Folyamat mérnök
	Ujratölti folyamatok egyenkénti végrehajtása az észlelt eltérések korrekciója	
	o Anyagmozgatás	IT Departmenst
	o Termék és alkatrészek nyomkövethetőség	Engreering
	o Pálya nyomonkés - profil ellenőrzés	Folyamat mérnök
	o Beállítás pontosága, polatás ellenőrzés	Folyamat mérnök
	o AOI Program hangolása	Engreering
	Munkaszámok kiosztása	Folyamat mérnök
	A gyártási utasítások javaslatainak bejegyzése és közzététel	Folyamat mérnök
	Javító / megoldó intézkedések bevezetése	Folyamat mérnök
	Mintagyártás dokumentálása	Folyamat mérnök
Test mérnök		
	Termékrendszerek validálása	Test mérnök
	A bejegyzett adatok ellenőrzése	Test mérnök
Műveletvezetési mérnök		
	Az első darab teljes ellenőrzése az eredeti dokumentációhoz képest (FOC - first of check)	Műveletvezetési mérnök, szegedtorok
	Elektronikus paraméterek ellenőrzése	Műveletvezetési mérnök
	Folyamat lépések ellenőrzése	Műveletvezetési mérnök
	minőségben szemléltetés és elmagyarázása a ellenőrző laboratóriumában	Műveletvezetési mérnök
	A gyártás utasítás vezetésének felülvizsgálata az összegző jelentés elkészítése	Műveletvezetési mérnök
