

Figyelem! Lehet, hogy a 2. ZH / 4. téma kérdései is a 3. ZH-hoz tartoznak!

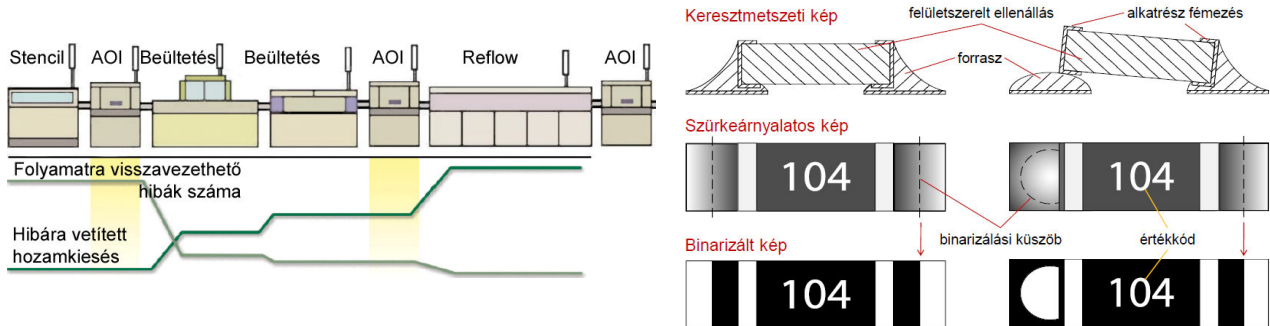
Számításos példákat a gyakorlat jegyzetből tanuljátok! 3. gyakorlat, 4. gyakorlat

Az elektronikai gyártás ellenőrző berendezései (AOI, X-RAY, ICT)

1. Ismertesse az automatikus optikai ellenőrzés alapelvét (a), megvilágítási módjait (b), valamint a kamerarendszerek jellemzőit (felbontás, látótér) (c)!

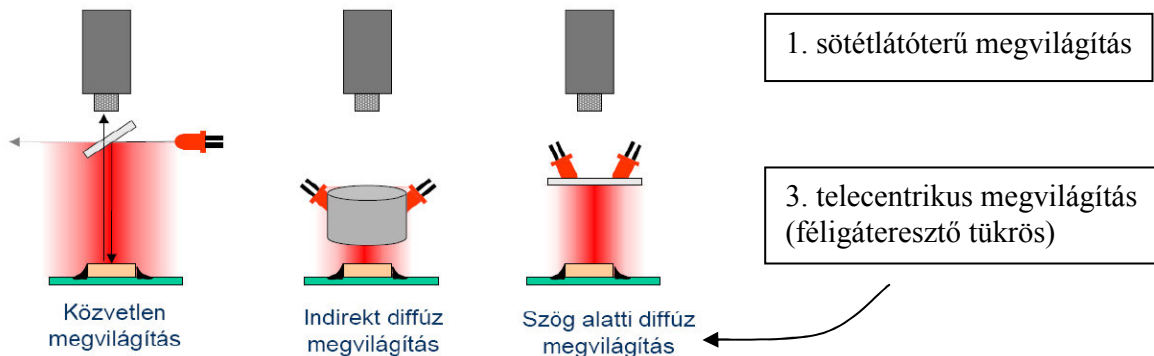
a) Objektív eredményeket szolgáltató, a digitális gépi látás és képfeldolgozás módszereit alkalmazó szerelt és szereletlen NYHL-k automatizált optikai ellenőrzése. Gyorsabb pontosabb és olcsóbb, mint a manuális ellenőrzés, így kiváltotta azt. Segítségével az áramköri gyártástechnológia összes lépésének (panelazonosítás vonalkód, DMC (Data Matrix Code – kétdimenziós adat kód) segítségével, stencilnyomatás, ragasztó felvitel, alkatrész beültetés, forrasztás) minősége vizsgálható.

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



b) Ma már 99%-ban LED-es fényforrást alkalmaznak.

Az AOI-k megvilágítási rendszere



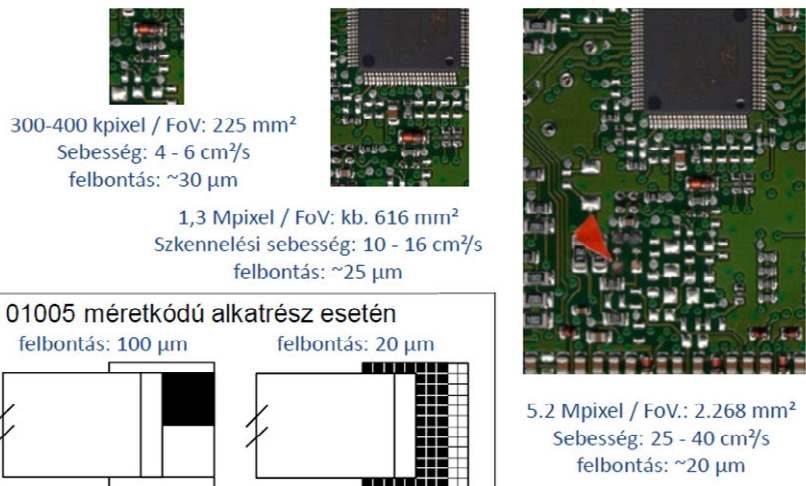
c) Kamerarendszerre jellemző a felbontás illetve a látótér mérete (FoV = field of view)

Kamera pixelszáma:

- pl.: 1280 x 1024 db pixel egy 30x20 mm² –es területre
→ 1px ~ 25 μm

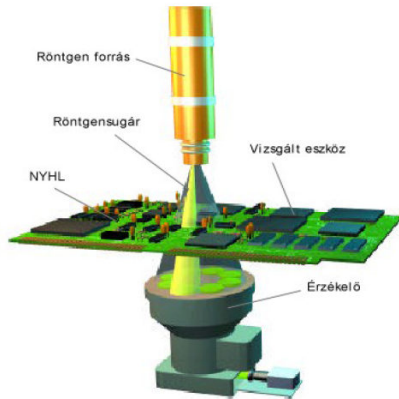
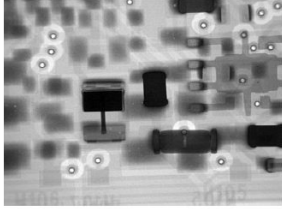
- 01005-ös ellenállás : 400 x 200 μm² → ~ 20 -25 μm-es felbontás kell

- termoszonikus kötés:
~30-40 μm átmérőjű huzal
→ 3 μm-es felbontás!
Ennek az ellenőrzése lenne a cél, de egyelőre nem lehetséges.

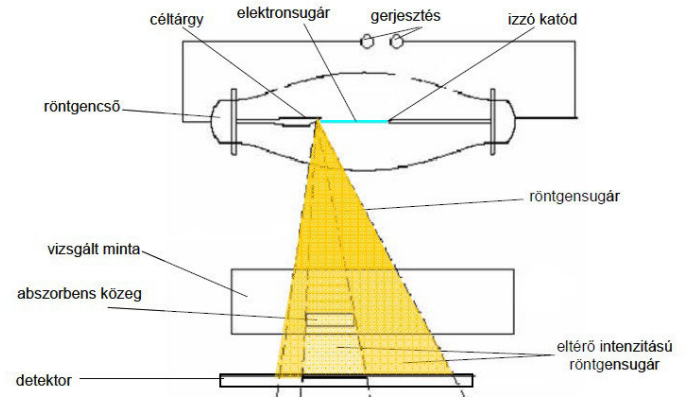


2. Ismertesse a transzmissziós röntgengép működési elvét.

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



RÖNTGENSUGARAS ÁTVILÁGÍTÁS



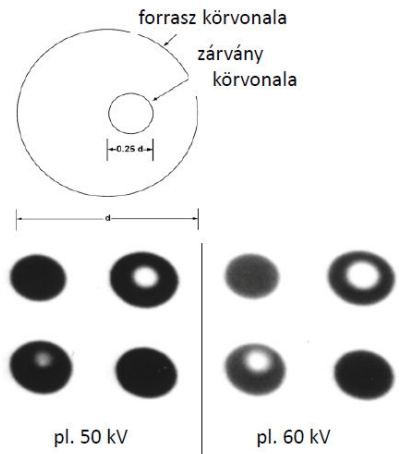
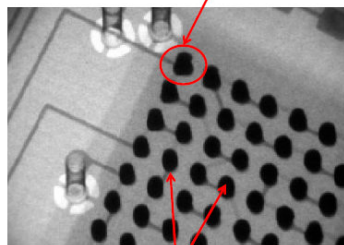
A röntgensugárzás detektálása az anyagok sugárzás elnyelési tulajdonságainak eltérésén alapszik. A sugárzás elnyelése az alkotóelemek atommagjainak méretével arányos. A nagyobb rendszámú elemek jobban, míg a kisebb rendszámúak kevésbé nyelik el a sugárzást, s így – ezen az „árnyékhatáson” alapuló – elnyelődési mintázat alapján egy test belső felépítése felderíthető. Mivel a röntgenfelvételen egy képpont nem csak a felületről közöl információt, hanem a vizsgált minta teljes keresztmetszetéről (szummációs képalkotás), ezért háromdimenziós leképezés illúzióját kelti. Anyagvizsgálati célokra a röntgensugárzást azon tulajdonsága miatt lehet felhasználni, hogy valamely tárgyon való áthaladásakor a sugárzás intenzitása csökken, mivel a tárgy a sugárzás egy részét elnyeli.

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

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

- Zárványok (pontos kalibrálás szükséges),
- Rövidzárok,
- „head-in-pillow”
- Deformálódott forraszbump,
- Vezető pályák szakadása, akár többrétegű struktúrák esetén is kimutatható.
- A furatfémzés hibái láthatók. A fémzés vastagsága megbecsülhető.

Röntgenmikroszkópia
 - Zárványok - kalibráció
 - „head-in-pillow”
 - Rövidzárok



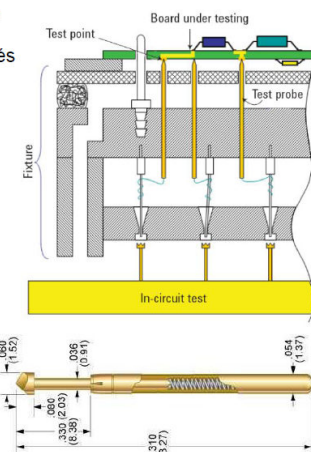
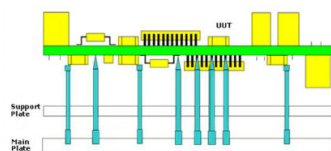
Az elektronikai gyártás minősítő módszerei

2/1 Ismertesse az In Circuit és a Flying Probe villamos tesztelési eljárásokat!

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)



Tűágyas módszer:

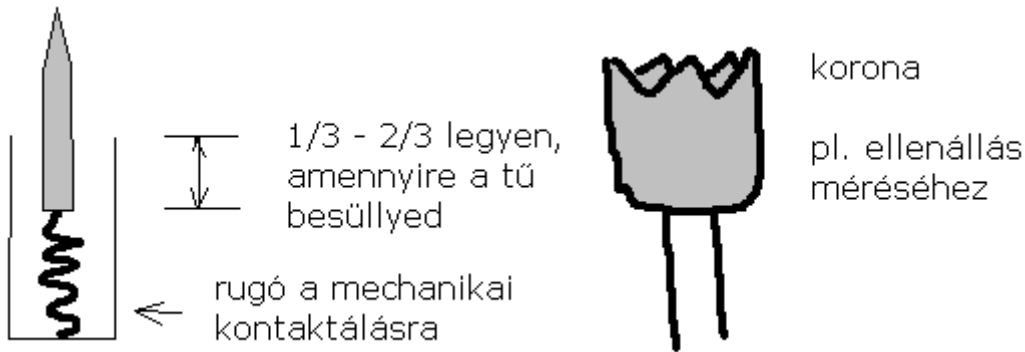
- Alkatrész lábaknál rugalmas mérőtűk
- Masszív befogószerkezet
- Minden panelhez külön tesztprogram

Repülőtüts módszer

- Nincs merev befogó szerkezet
- Könnyű
- flexibilis programozás
- Két oldalas vizsgálat
- Max. 24 mérőtű
- Döntött pozíció lehetséges
- Nagy munkafelület (1000 mm x 600 mm)
- AOI-val kombinált működés

ICT: in circuit tester:

- egyszerűbb villamos mérések, szakadás, rövidzár, R, C névértéke
- gyors, de szükség van egy feltételre (fixture), ami minden termékhez más – drága, csak tömeggyártásra jó
- mérőtű csatlakozik az alkatrészhez vagy korona
- sok tű esetén nagyon nagy erőt kell kifejteni hidrosztatikus préssel → az alátámasztás kritikus



FP: flying probe:

- nem kell feltét, csak programozni kell, hogy hova menjen a mérőfej
- lassú (hosszú ciklusidő), de olcsó → csak prototípusok teszteléséhez

Funcionális tesztelés:

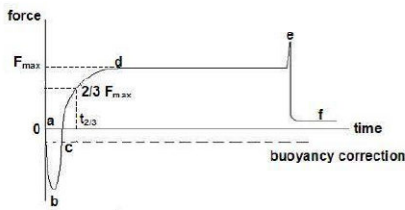
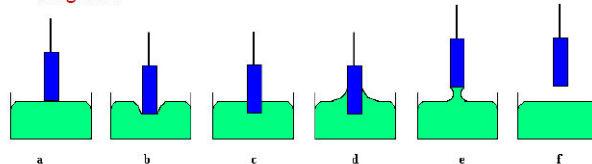
- minden termékhez külön tesztelőt / mérőrendszert fejlesztenek

2/2 Ismertesse a nedvesítési vizsgálatokat (wetting balance, spreading, bridging)!

Nedvesítési vizsgálatok – wetting balance



Forrasztóvözetek, NyHL- és alkatrész fémzések **kvantitatív** vizsgálata



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

Forrasztóvözetek vizsgálata.

Abszolút eredményt kapunk, ami összehasonlítható más kísérlet eredményeivel vagy a standard értékkel.

Szabványban előírt folyasztószer (flux).

Előlegítés: adott időre adott magasságon a forrasz felett tartjuk a mintát.

A bemerítés mélységéből (bemerült minta térfogatából) számítunk egy felhajtó erőt, amivel az eredményt korigáljuk + a minta súlyával is korigálunk.

Fontos mérendők:

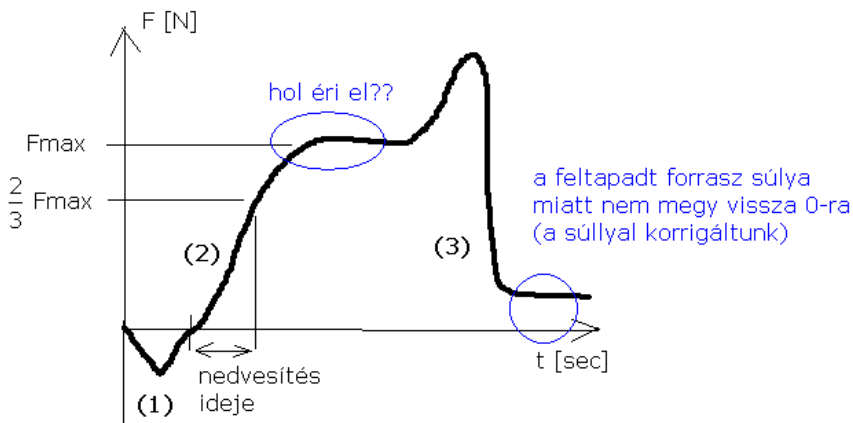
- $F_{max} \rightarrow \gamma_{LG}$
- $t_{nedvesítés}$
- ϕ = a nedvesítés szöge, amit egy kamera néz, in situ optikai mérés

in situ = mérés közbeni mérés

(1) a forrasz még nem nedvesít, kifelé nyomja a mintát, ezért lesz negatív F.

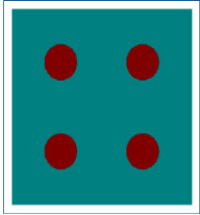
(2) a forrasz nedvesít, a felületi feszültségből származó erő húzza felfelé a mintát

(3) a mintát kihúzzuk



Nedvesítési vizsgálatok – „spreading”

A teszt minta a nyomtatott forraszpaszta halmokkal

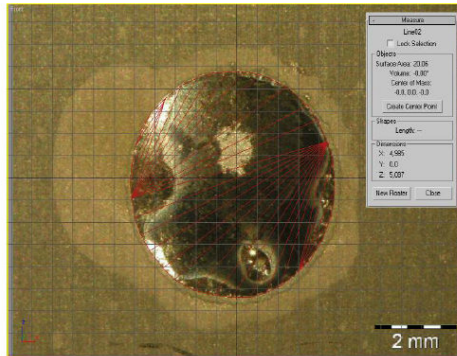


Egy forraszpaszta lenyomat átmérője: 5 mm

Mérjük a nedvesített felület nagyságát

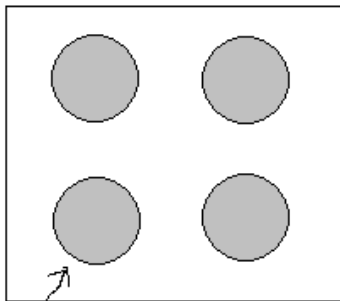
Összehasonlító vizsgálat

A forrasz felületének számítógéppel segített optikai mikroszkópos mérése



Területeszteszt: meghatározott térfogatú forraszpasztát viszek fel.

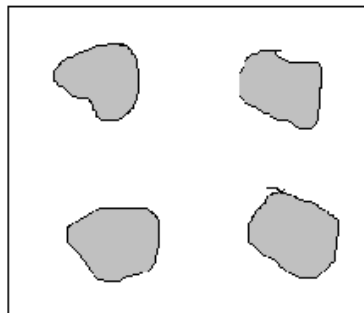
A1 felület



5mm átmérőjű paszta

$$\frac{A2}{A1} \approx 1$$

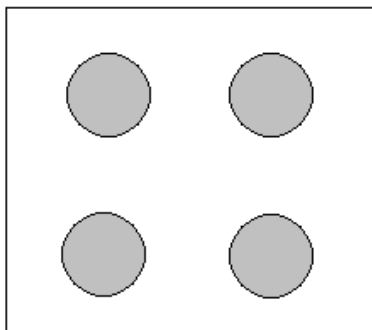
A2 felület



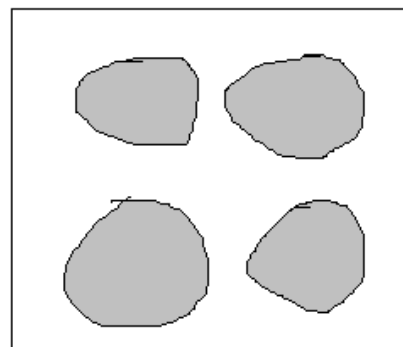
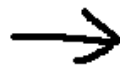
a forrasz szétterül (+)
a folyasztószer eltávozik (-)

-> nagyjából ugyanakkora lesz a forrasz területe, mint az A1 esetben folyasztószerrel

vagy:



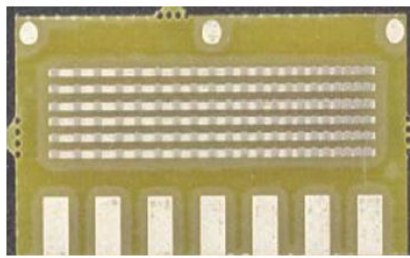
REFLOW



nincs eltávozó folyasztószer $\rightarrow \frac{A2}{A1} > 1$

Nedvesítési vizsgálatok – „bridging” teszt

Teszt minta reflow forrasztás előtt

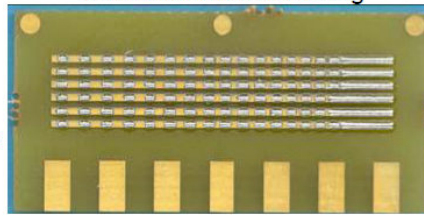


Mérjük a nedvesített hosszt

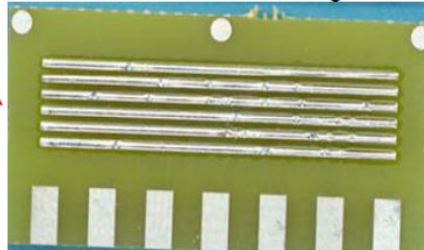
Összehasonlító vizsgálat

Lehetővé teszi a gyors, gyártás közbeni vizuális ellenőrzést

Mérsékelt forraszthatóság

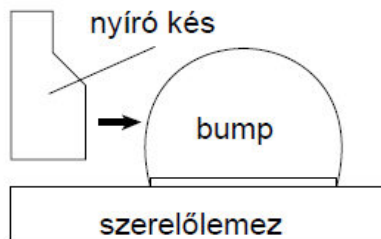
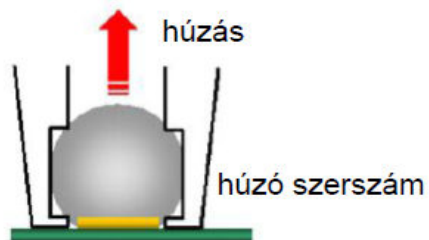


Kitűnő forraszthatóság

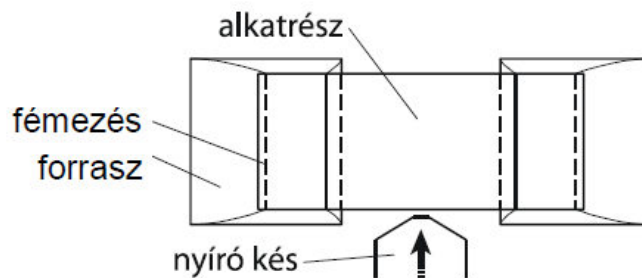
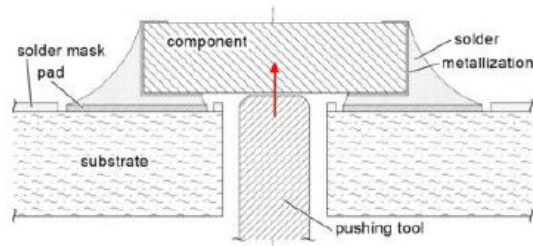


2/3 Ismertesse a forrasztott kötések mechanikai ellenőrző vizsgálatait!

BGA forraszgolyók szilárdsága



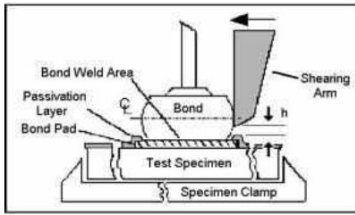
Passzív chip alkatrész forrasztott kötésének szilárdsága



2/4 Ismertesse a mikrohuzalkötések valamint a hajlékony hordozójú áramkörök mechanikai ellenőrző vizsgálatait!

Huzalkötések mechanikai minősítése

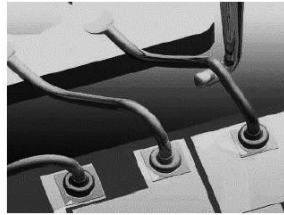
Nyírási szilárdság mérése



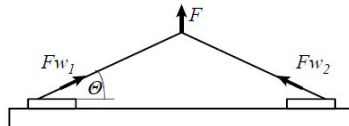
Közvetlenül a kötési szilárdságot méri
Ékes kötésekhez kiváló
Golyós kötésekénél a méretek kritikusak

$$F_{w1} = F_{w2} = \frac{F}{2 \cdot \sin \Theta}$$

Szakítószilárdság mérése



Nem feltétlen méri a kötési szilárdságot
Golyós kötésekénél alkalmazott

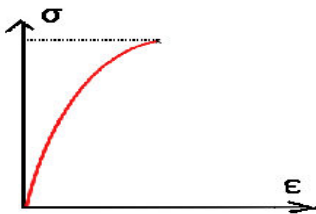


szakítás: meghúzzuk az elemi cellákat
nyírás: vízszintes irányú feszültség

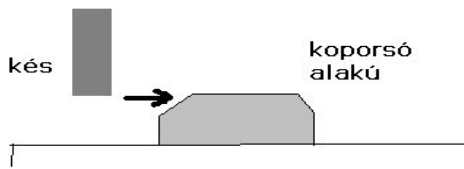
feszültség: $\sigma = F / A$ [Pa]
(nem valós feszültség, csak mérnöki)

szilárdság: az a legnagyobb mechanikai feszültség, amelyet a minta különösebb károsodás (törés) nélkül kibír. Jellemzik a szilárdságot erővel is F [N], ha a felület meghatározása nehéz.

Szakítás:



Nyírás:



Képletek:

Hooke-törvény: $\sigma = \epsilon \cdot E$

(ϵ = relatív deformáció)

$\sigma = F_w / A$

$A = d^2 \cdot \pi / 4$

(d = huzal átmérője)

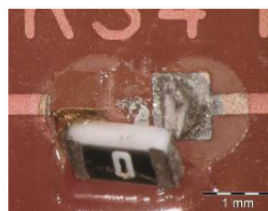
Mikrohuzal:

- szakításnál nincs közvetlen információ a kötésre
- elfogadási kritérium: ha a huzal szakad, nem a kötés
- nyírásnál közvetlen információt kapunk a kötésre vonatkozóan
- ultrahangos kötésre kényelmesen használható (kötés hossza 1-2mm)
- termoszonikus kötésre nem kényelmes (folyós kötés átmérője 30-40 um)
- nagyon pontosan kell pozicionálni a nyírókést

Hajlékony hordozójú áramkörök mech. minősítése

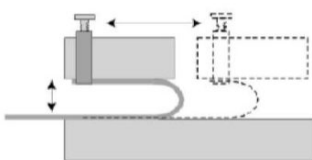


Lefejtési vizsgálat



Nyírási szilárdság

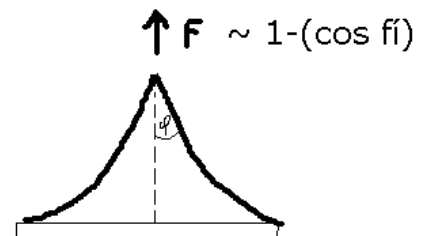
Lefejtési szilárdság: rézfólia rátapasztása a hordozóra, aztán lefejtjük róla. 4-8mm vastag réz csík, a vége csontszerű, ahol a gép megfogja. A kerék miatt az erő mindig merőleges lesz a felszínre.



Dinamikus hajlítási vizsgálat



Szakítószilárdság, relatív megnyúlás



merevhordozós:



2/5 Mutassa be a Dye penetration vizsgálati eljárást!

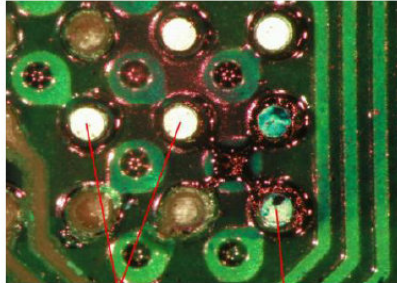
A BGA toknak sok kivezetése van – hány kivezetőben van repedés?

módszer:

A tokot körbe vesszük egy gáttal, majd a tok és a gát közti rést kitöltjük festékkel. A festék 24 óra alatt behúzódik az eszközbe és megszilárdul. Ahol repedés volt, annak a kivezetésnek a helyén is festékfoltot találunk.



BGA tokozású alkatrészek forrasztott kötéseiben terhelés után kialakuló repedések vizsgálatára



crack has not occurred in solder joint

crack has occurred in solder joint

1. Az alkatrészt gát anyaggal (polimer) körülvesszük
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

3. A MEGBÍZHATÓSÁG ELMÉLETI ALAPJAI. ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK ÉS KÉSZÜLÉKEK MEGBÍZHATÓSÁGI JELLEMZŐI

3/1. Adja meg a megbízhatóság definícióját!

Mennyi ideig tartja a minőséget.

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

3/2. Sorolja fel a megbízhatóság legfontosabb mutatóit! Ezen mutatók közül melyik az, amelyet közvetlenül mérni tudunk?

- R(t) megbízhatósági függvény: a működés valószínűsége, adott időpontig történő működés valószínűsége, túlélés függvény.: $R(t) = P(\tau \geq t)$ P = valószínűség

- F(t) hiba függvény: a meghibásodás valószínűsége, adott időpontig bekövetkező meghibásodás valószínűsége $F(t) = P(\tau < t) = \int_0^t f(\tau) d\tau$ $\tau = 0 \dots t$

- f(t) meghibásodás sűrűségfüggvénye: a működési idő sűrűségfüggvénye, $f(t) = F'(t)$, ez a legtöbbet használt

- $\lambda(t)$ hibaráta függvény: a meghibásodási ráta, adott időpontig bekövetkező meghibásodások száma (hazardfüggvény), $\lambda(t) = f(t) / R(t) = -R'(t) / R(t)$

„Bármelyik egyből kifejezhető a másik négy.“

Ezeket lehet mérni közvetlenül. (nem biztos)

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

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

Az egyes csoportokat az f(t)-re illeszthető függvények szerint különböztetjük meg:

1. Normál (Gauss),

- a meghibásodásért felelős jelenség a bekapcsolt állapotban nagyságrendekkel gyorsabb,

- $\lambda(t)$ az időben monoton nő (folyamatos öregedés),

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

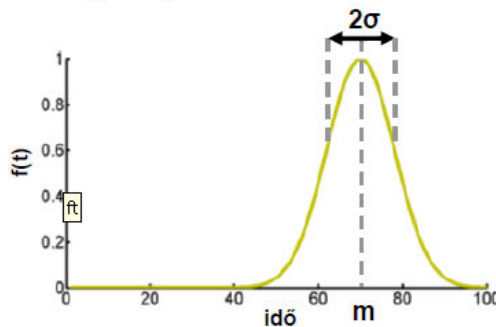
(R(t), F(t), $\lambda(t)$ zárt alakban nem írhatók fel),

- jellemző paraméterei:

m: várható élettartam,

σ : szórás

(bizonytalansági paraméter)



Példák: izzólámpa, relé, kapcsoló, potencióméter

2. Exponenciális:

- a meghibásodásért felelős jelenség sebessége bekapcsolt állapotban nem mutat jelentős eltérést a kikapcsolt állapothoz képest, (örökifjú)

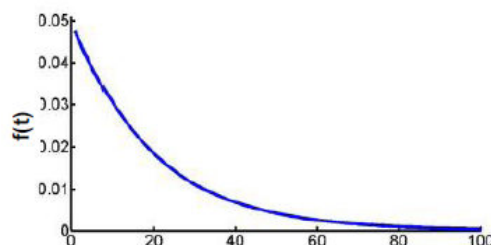
- $\lambda(t)$ az időben állandó, $\lambda(t) \Rightarrow \lambda$ (az alkatrész nem öregszik, ún. örökifjú tulajdonságot mutat),

- leírás: $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ $R(t) = e^{-\lambda t}$ $\lambda(t) = \lambda = \frac{1}{T_0}$

- jellemző paramétere: λ (hibaráta függvény),

- a matematikai reprezentáció egyszerűsége miatt használata elterjedt (szabványokban gyakran minden alkatrésztípust ezzel a leírással közelítenek).

Példák: ellenállás, tranzisztor, integrált áramkörök

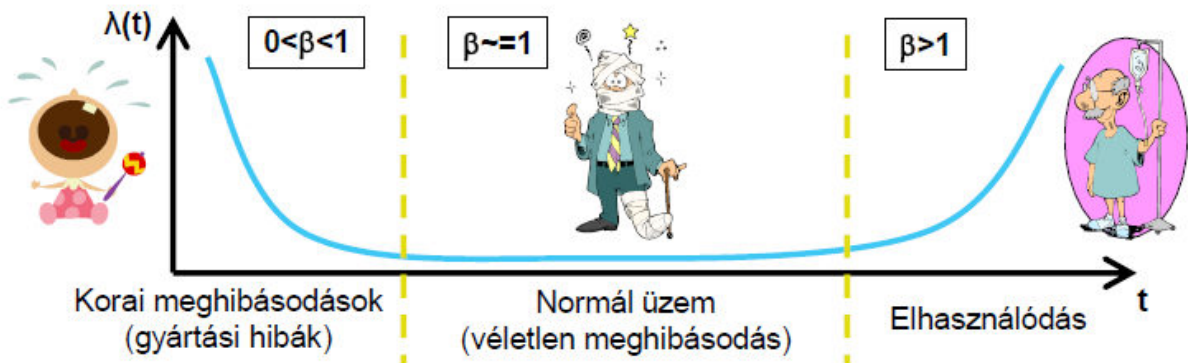


3. Weibull:

- leginkább összetett rendszerek leírására alkalmas, melyeknél az élettartam kezdeti szakaszában korai meghibásodások lehetnek, az élettartam végén pedig elhasználódás jellegű hibajelenségek léphetnek fel,
- $\lambda(t)$ az élettartam során csökken, stagnál, majd növekszik,

• leírás: $f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$ $R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$ $\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1}$

- jellemző paraméterei: η : karakterisztikus élettartam, β : alakparaméter



Példák: készülékek, részegységek, összetett alkatrészek

3/4. Milyen módszerekkel lehet meghatározni az alkatrészek hazárfüggvényét (meghibásodási ráta függvényét)? Melyik módszer elterjedtebb a gyakorlatban?

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

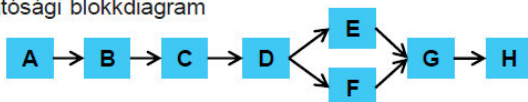
$\lambda(t) = f(t) / R(t)$, ahol $R(t)$ túlélés fv, $\lambda(t)$ túlélés ráta (hazárd függvény), $f(t)$ meghibásodás sűrűségfüggvénye

3/5. Melyek azok a paraméterek, amelyek leginkább befolyással vannak az elektronikai alkatrészek élettartamára (megbízhatósági mutatóira)?

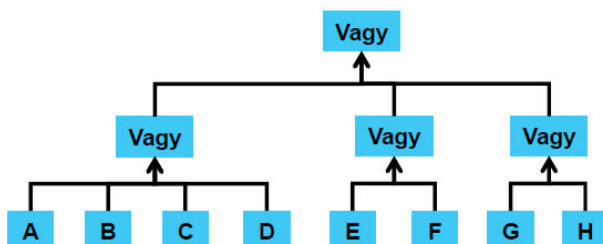
- kiviteli típus (kereskedelmi, ipari, katonai...),
- előállítás technológiája (pl. nagy és kis értékű ellenállások gyártástechnológiája eltérő),
- hőmérséklet,
- terhelés,
- a készülék (amely az alkatrészt tartalmazza) üzemeltetési körülményei:
- hőmérséklet ingadozása,
- páratartalom és ingadozása,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

3/6. A készülékek megbízhatósági modelljének milyen grafikus ábrázolási módszerei léteznek? **Mi a fő különbség ezek között?**

Megbízhatósági blokkdiagram

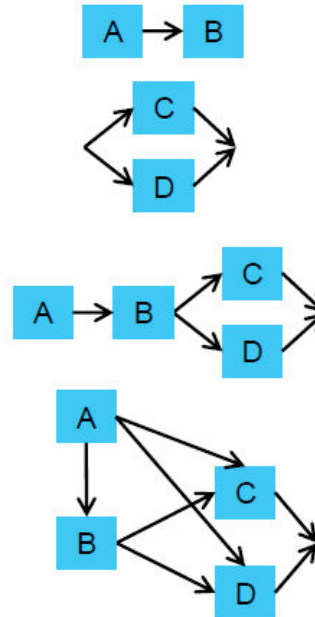


hibafa



3/7. Milyen alapstruktúrák fordulhatnak elő a készülékek megbízhatósági modelljében?

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



3/8. Soros rendszer megbízhatósági jellemzői, a megbízhatóság növelésének módszerei.

- A rendszer véges számú elemből áll.
- A kommersz elektronikai berendezések soros struktúrájúak.
- egy elem meghibásodása a rendszer meghibásodásához vezet,
- a meghibásodások egymástól függetlenek,
- az elemek azonos fontosságúak,
- megbízhatóság számítása az $R(t)$ alapján célszerű (n db elem):



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

- ha minden elem exponenciális:

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

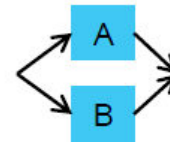
$$T_0 = \frac{1}{\Lambda} = \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n} = \frac{1}{\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} + \dots + \frac{1}{T_n}}$$

Meghibásodások számának csökkentése, soros rendszer megbízhatóbbá tétele:

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

3/9. Melegtartalékolt rendszer megbízhatósági jellemzői.

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

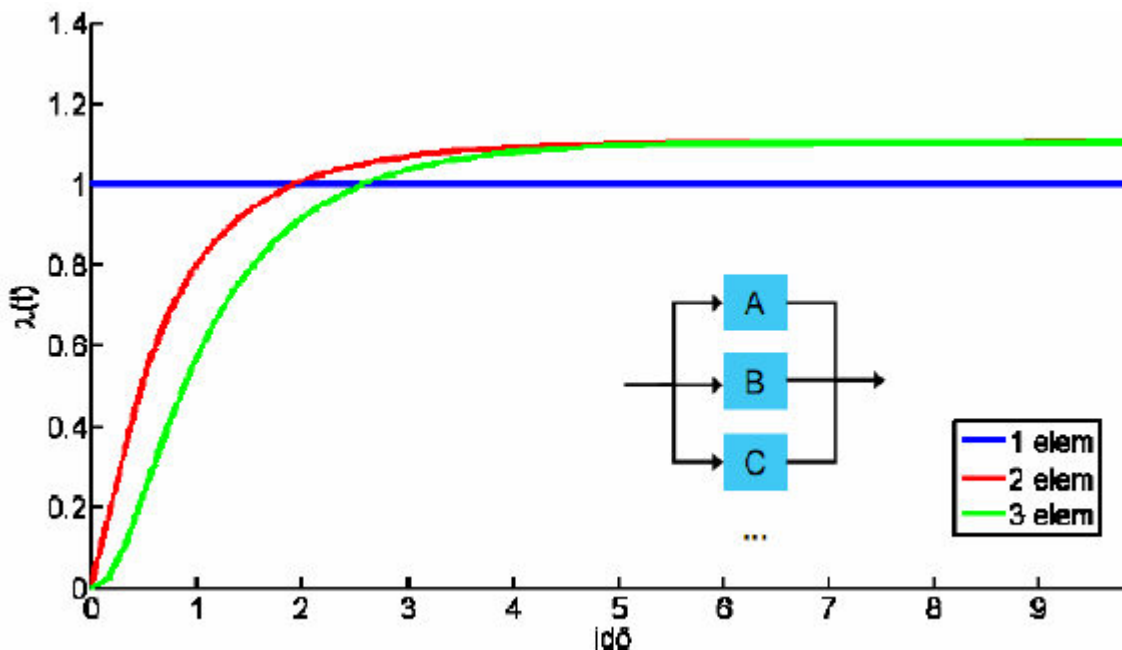


$$F_e(t) = F_1(t) \cdot F_2(t) \cdot \dots \cdot F_n(t) = \prod_{i=1}^n F_i(t)$$

- várható élettartam n db, egyforma elem esetén:

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

Hogyan érdemes üzemeltetni egy melegtartalékolt rendszert?

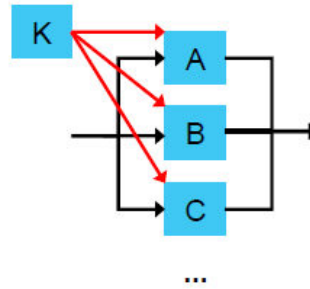
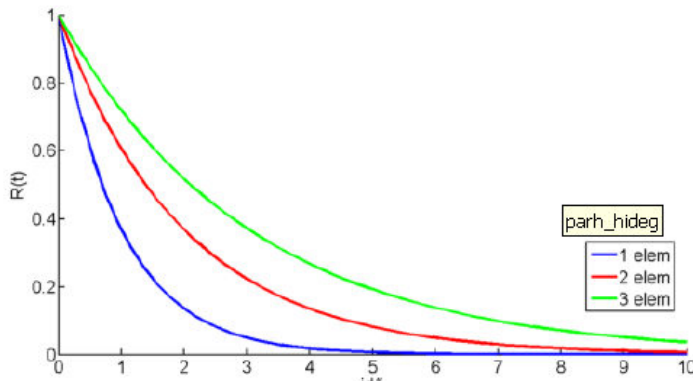


Ez alapján preventív javítást kell végezni még abban az időtartományban, ahol az eredő lambda az eredeti rendszer lambda-jára alatt van → drasztikusan nő a megbízhatóság (hiszen $t=0$ környékén a lambda 0-hoz közeli, ez végtelen nagy várható élettartam!)

3/10. Hidegtartalékolt rendszer megbízhatósági jellemzői. Mi a hidegtartalékolt rendszer legfontosabb hátránya (megbízhatósági szempont!)?

Párhuzamos, hidegtartalékolt rendszer:

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



3/11. Mi a megbízhatósági modellezés-analízis szerepe, célja?

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

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

analízis:

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