



7-01 MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS ÉS MEGBÍZHATÓSÁG

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

VIETA302

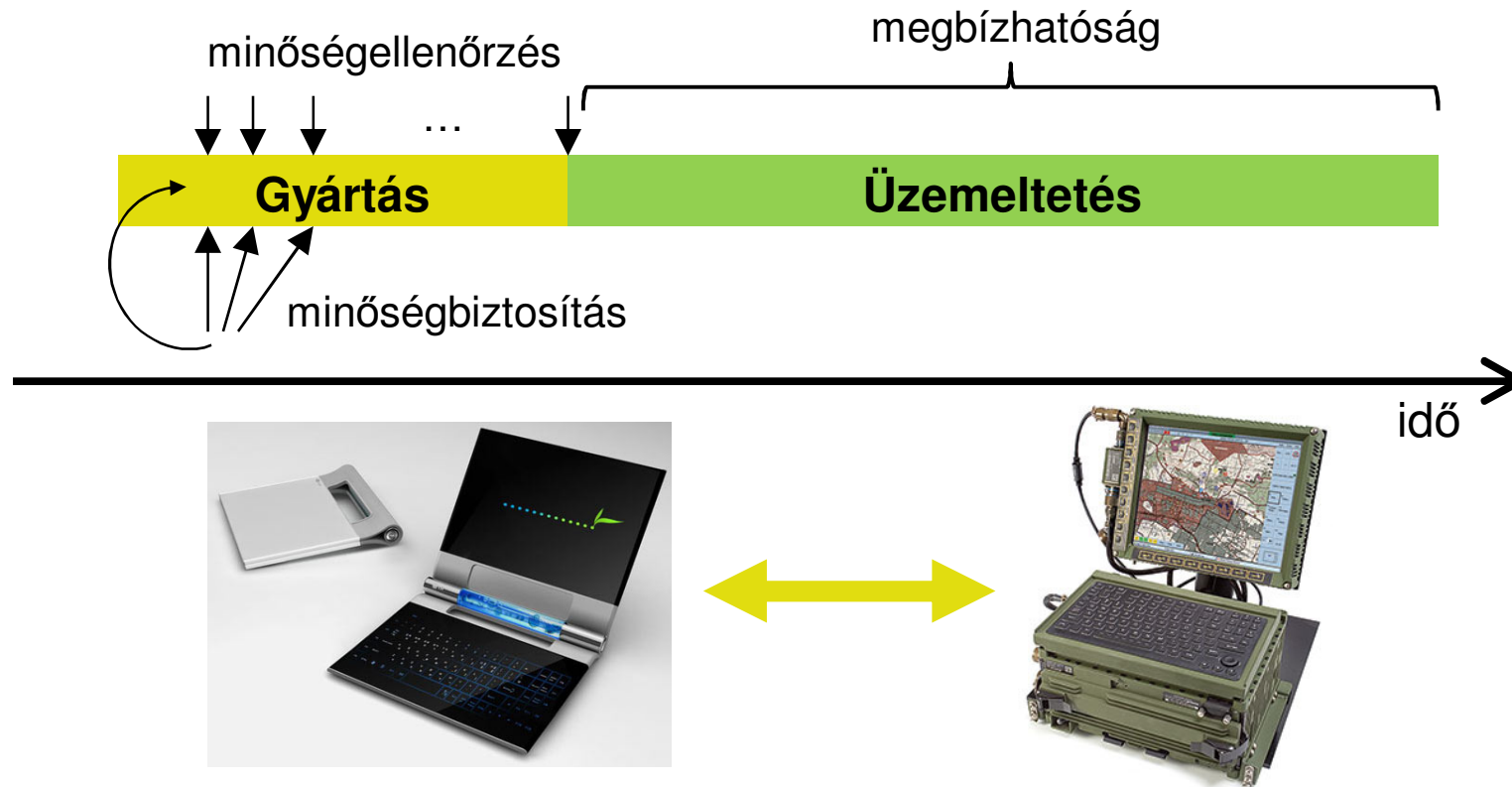


BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

A MINŐSÉG ÉS MEGBÍZHATÓSÁG FOGALMA

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

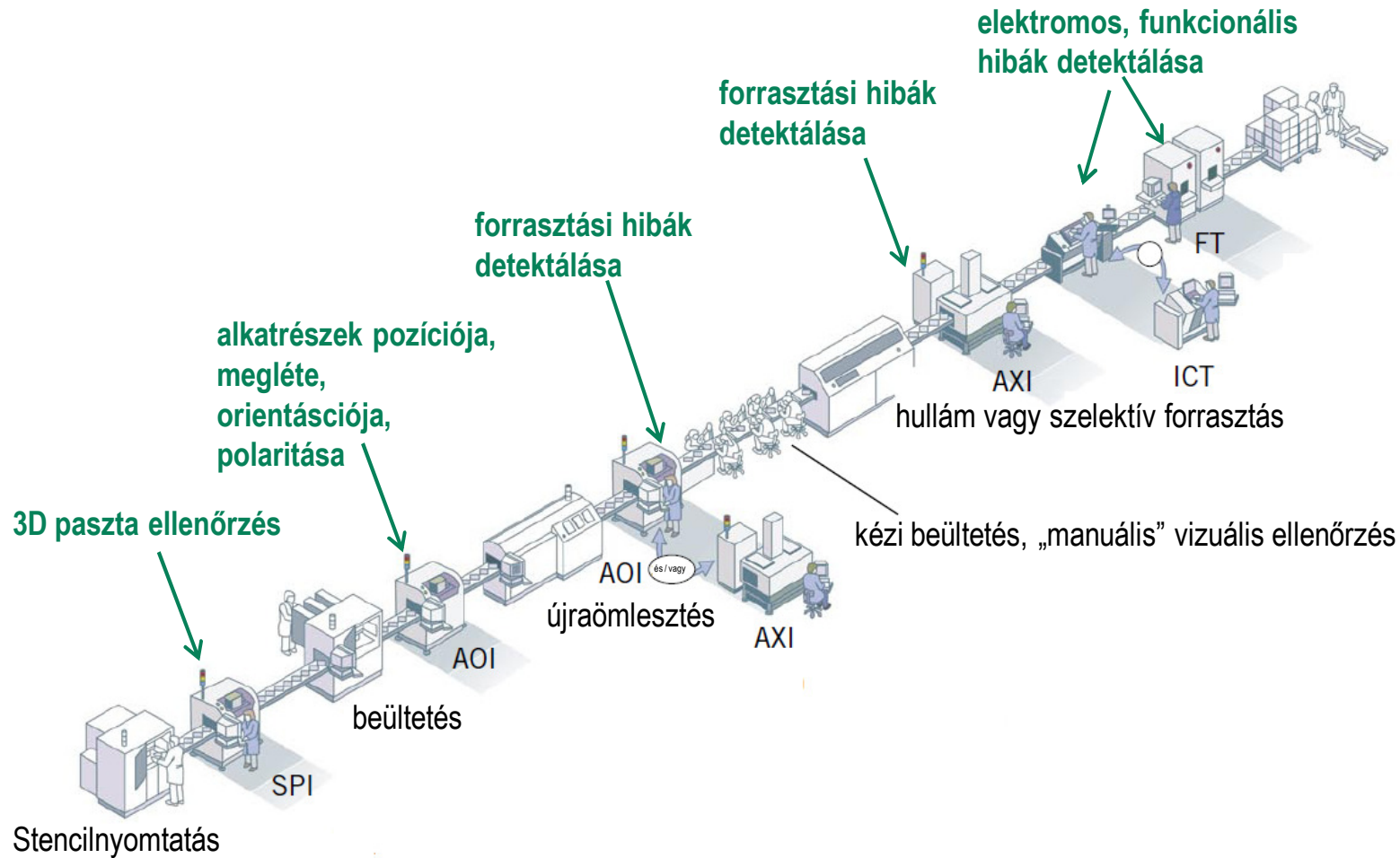
Megbízhatóság: milyen hosszú ideig őrzi meg minőségét egy termék meghatározott üzemeltetési feltételek mellett.



MINŐSÉG BIZTOSÍTÁSA GYÁRTÁSBAN, TERMÉK KIBOCSÁTÁSA ELŐTT

- Minőségellenőrzés – a hibák detektálása:
 - vizuális ellenőrzés,
 - AOI (Automatic Optical Inspection) – automatikus optikai ellenőrzés,
 - AXI (Automatic X-ray Inspection) – automatikus röntgenes ellenőrzés,
 - ICT (In-Circuit Test) – áramköri bemérés,
 - szélsőséges hőmérséklettartományban végrehajtott tesztek.
- SPC (Statistical Process Control) – statisztikai folyamatszabályozás:
 - mérési eredmények alapján a gyártási folyamat
 - minősítése,
 - szabályozása.

ELLENŐRZÉSI LEHETŐSÉGEK A GYÁRTÁSI FOLYAMATBAN

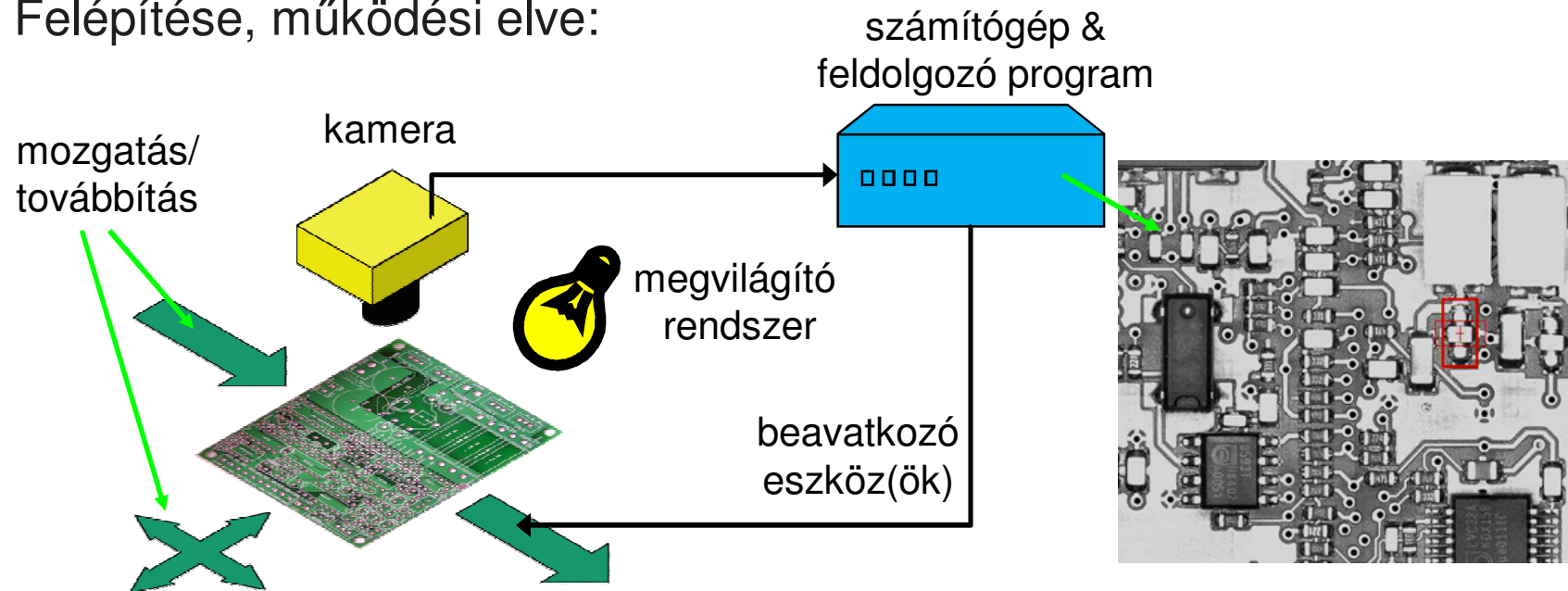


AOI – AUTOMATIKUS OPTIKAI ELLENŐRZÉS

A leggyakrabban alkalmazott ellenőrzési módszer, mert

- automatikus (gazdaságos),
- érintésmentes (elektrosztatikus kisülés nem léphet fel),
- rugalmas (az AOI berendezés programozható),
- gyors (in-line alkalmazhatóság),
- segítségével hibajelenségek széles köre detektálható.

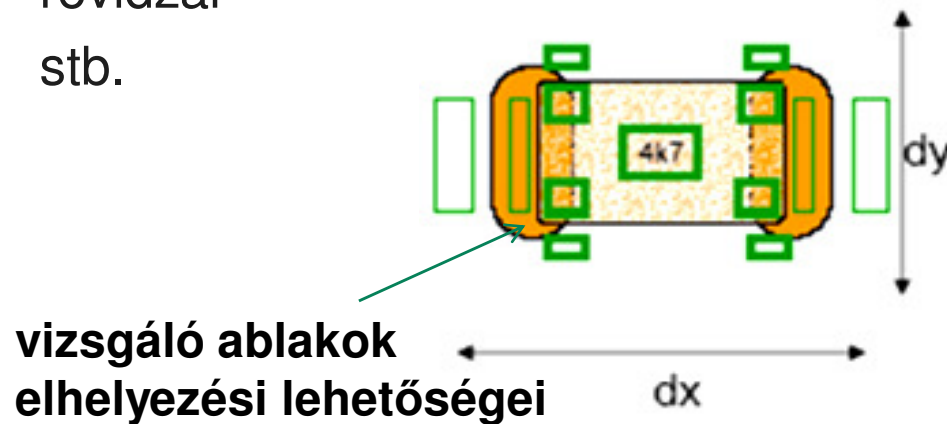
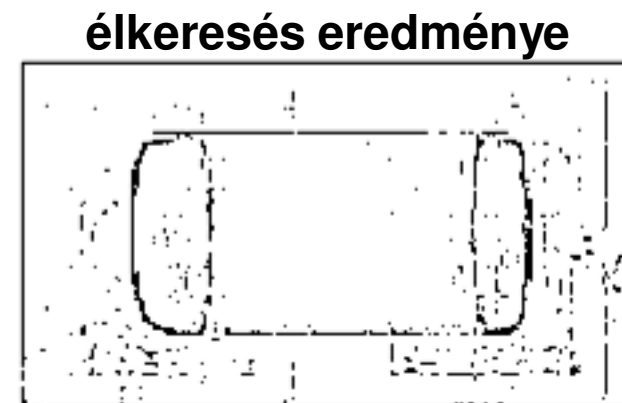
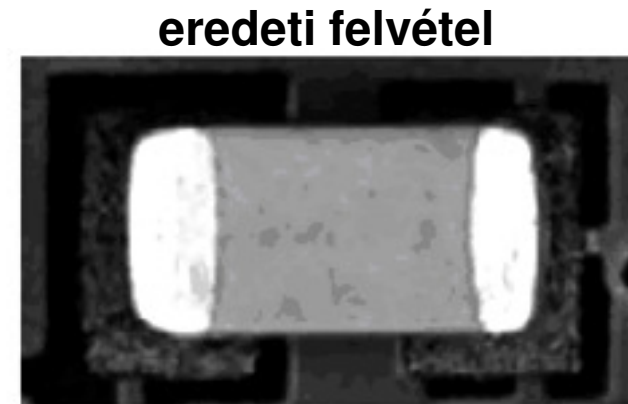
Felépítése, működési elve:



AOI – AUTOMATIKUS OPTIKAI ELLENŐRZÉS

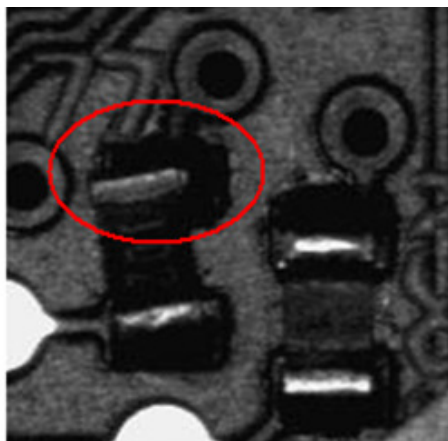
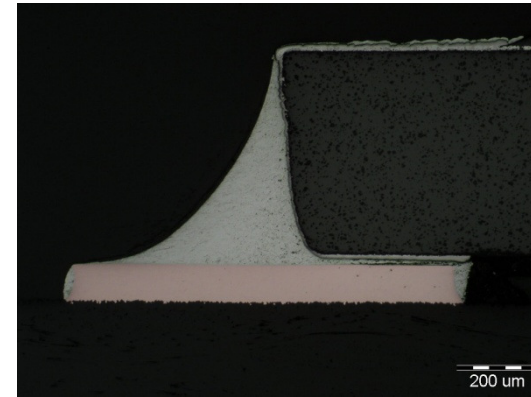
Példák AOI-vel detektálható hibákra:

- félreültetés (Δx , Δy)
- elfordulás
- polaritás
- mechanikai sérülés
- paszta felvitel minősége
- nyitott forrasztás
- rövidzár
- stb.

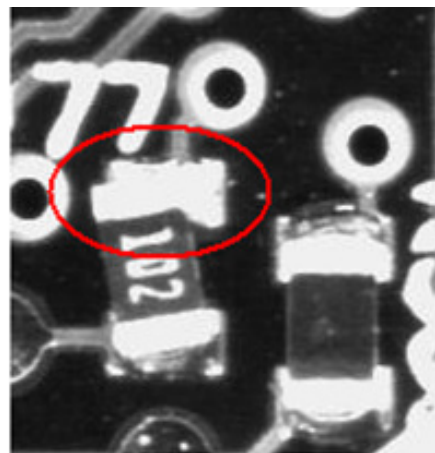


FORRASZTOTT KÖTÉS (MENISZKUSZ) MEGLÉTÉNEK VIZSGÁLATA AOI-VAL

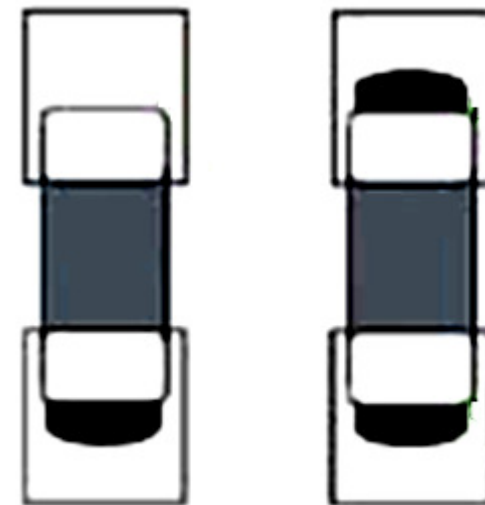
Megfelelő megvilágítás esetén a jó forrasztott kötés homorú meniszkusza fényt szétszórja az nem jut vissza a kamerába, ezért sötétebbnek látszik. Ha nem jött létre kötés, akkor azonban a pad sík felülete fényesen jelenik meg a képen.



merőleges megvilágítás

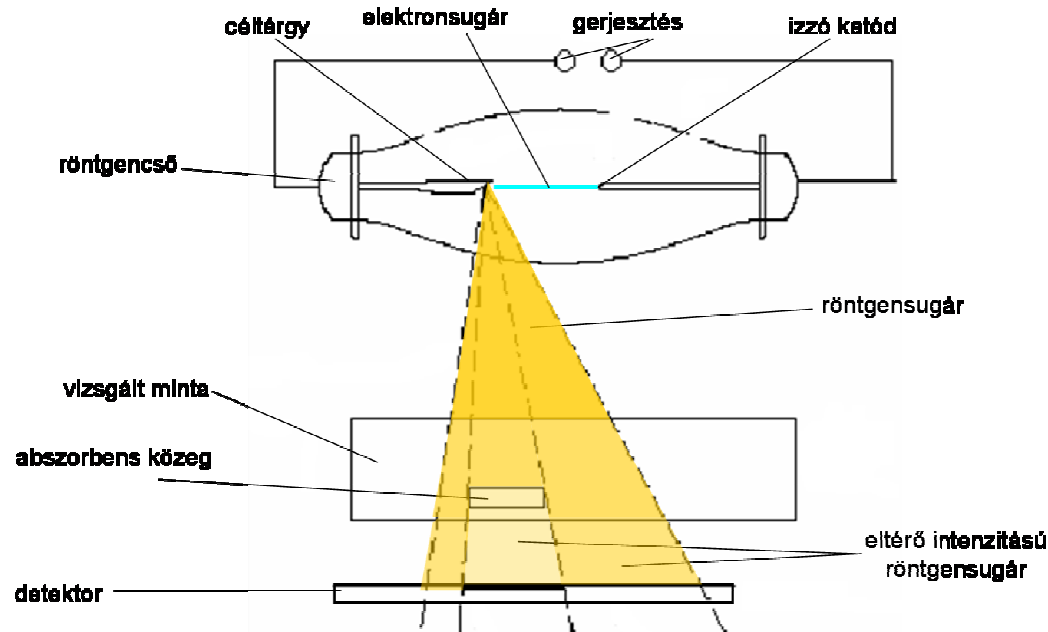


diffúz megvilágítás

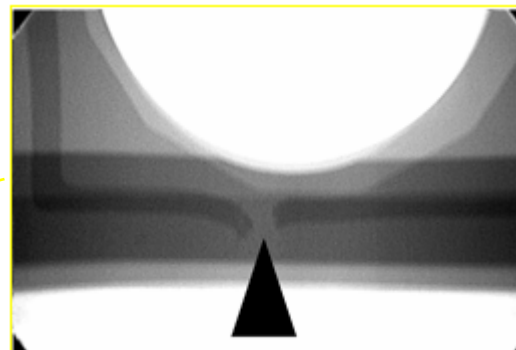
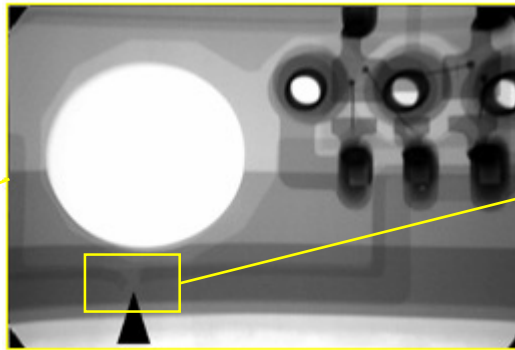
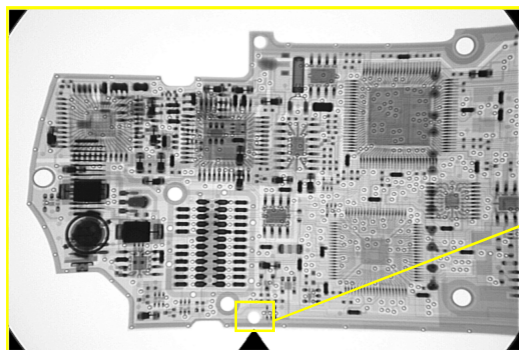
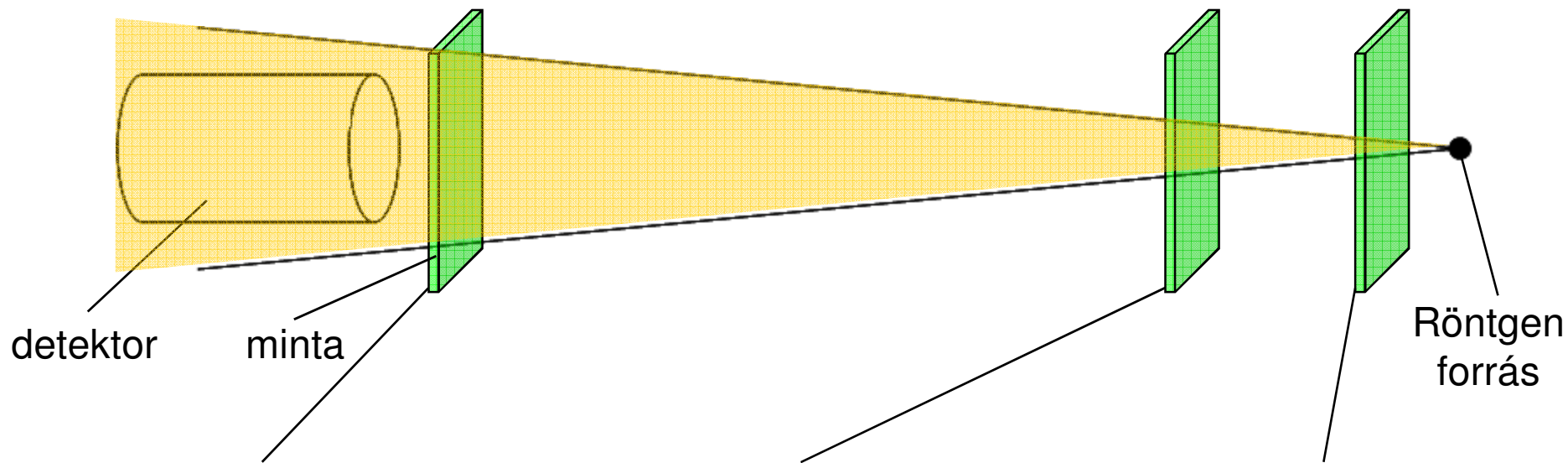


AXI – AUTOMATIKUS RÖNTGENES ELLENŐRZÉS

- rejtett kötések vizsgálata (area array tokozások, hűtőfelületek)
- kis méretű kötések (finom rászterosztású QFP).



AXI – AUTOMATIKUS RÖNTGENES ELLENŐRZÉS



Forrás: Dage

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ICT – ÁRAMKÖRI BEMÉRÉS

ICT segítségével elvégezhető vizsgálatok:

- ellenállás, kapacitás, induktivitás mérése,
- polaritás ellenőrzése,
- szakadások detektálása.

Előnye:

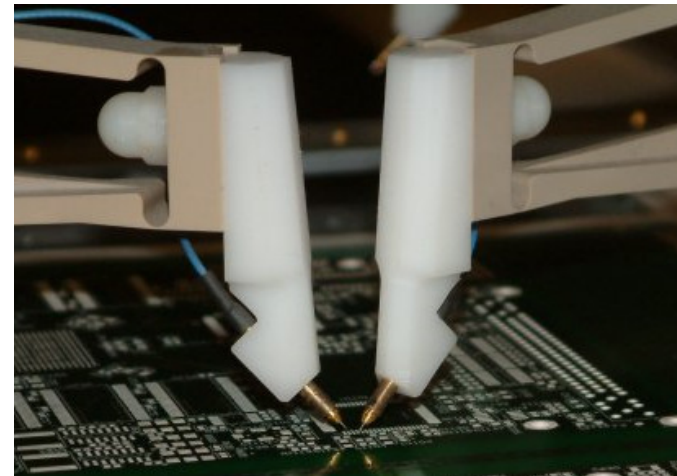
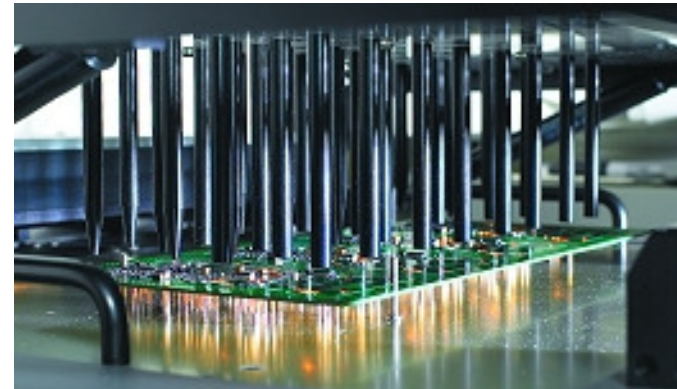
- villamos paramétereket mér,
- egyes esetekben kiválthatja az AXI-t.

Hátrányos tulajdonságai:

- gyakran tesztelőre tervezés szükséges,
- alacsonyabb működési sebesség,
- nem érintésmentes.

Megvalósításának lehetőségei:

- tűágy,
- mozgóérintkezős mérés.



SZABVÁNYOK

- IPC-A-610: Elektronikai gyártmányok elfogadhatósága
- IPC-A-600: Nyomtatott huzalozású lemezek elfogadhatósága
- IPC-TM-650: Vizsgálati módszerek (ingyenes!)
- J-STD-001-006: Forrasztási, forraszthatósági szabványok
- J-STD-035: Akusztikus mikroszkópia
- J-STD22-.....: Gyorsított élettartam vizsgálatok
- IPC-7711 és 7721: Javítás

IPC-A-610 ELEKTRONIKAI GYÁRTMÁNYOK ELFOGADHATÓSÁGA

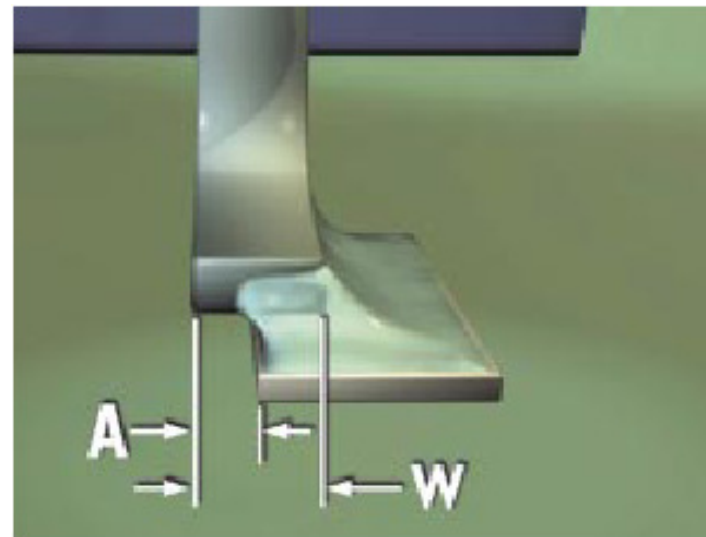
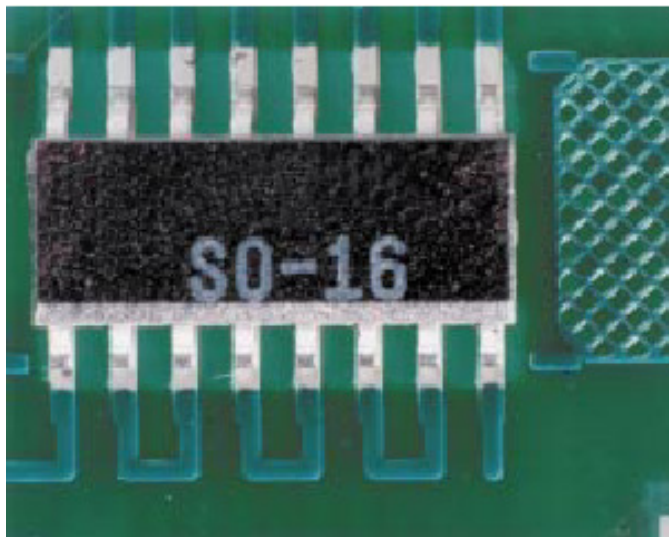
- Minősítési osztályok a felhasználás szerint
 - 1. osztály - Általános felhasználású (közszükségleti) készülékek
 - 2. osztály - Ipari (folyamatos működésű) készülékek
 - 3. osztály – Nagy megbízhatóságú (közlekedés, orvosi) készülékek
- Minősítési szintek
 - Tökéletes szint (Target condition)
 - Elfogadható szint (Acceptable Condition)
 - Hibás szint (Defect Condition)

MINŐSÍTÉSI KRITÉRIUMOK

PÉLDA: LAPOS, L, SIRÁLYSZÁRNY KIVEZETÉSEK

Jellemző		Méret	Class 1	Class 2	Class 3
Maximum oldalsó túlnyúlás		A	50% (W) vagy 0,5 mm amelyik kisebb, nem befolyásolja az elektr. táv. tart.		25% (W), vagy 0,5 mm amelyik kisebb, nem bef. az elektr. táv. tart.
Végtúlnyúlás		B	Nem megengedett		
Minimum végkötés szélesség		C	50% (W)		75% (W)
Minimum oldalsó kötés hossz	L \geq 3 W	D	(1W) vagy 0,5 mm, amelyik kisebb	3 (W) vagy 75% (L) amelyik hosszabb	
	L < 3 W			100% L	
Maximális sarokkitöltés		E			
Minimális sarokkitöltés		F	Nedvesítő forrasztás a kivezetés függőleges felületén	(G) + 50%(T)	(G) + (T)
Forrasz vastagság		G	Nedvesítő forrasztás		
Formázott láb hossz		L	Nem meghatározott, vagy változó méret, a terv határozza meg		
Kivezetés Vastagsága		T	Nem meghatározott, vagy változó méret, a terv határozza meg		
Kivezetés szélessége		W	Nem meghatározott, vagy változó méret, a terv határozza meg		

A – OLDALSÓ ELCSÚSZÁS

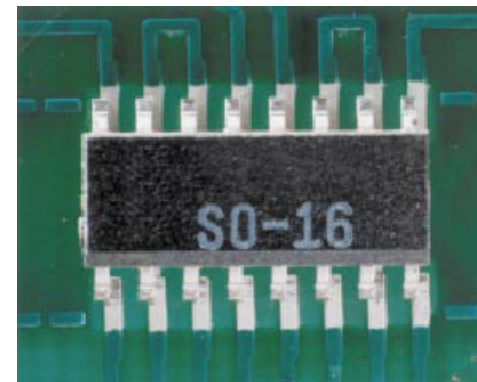
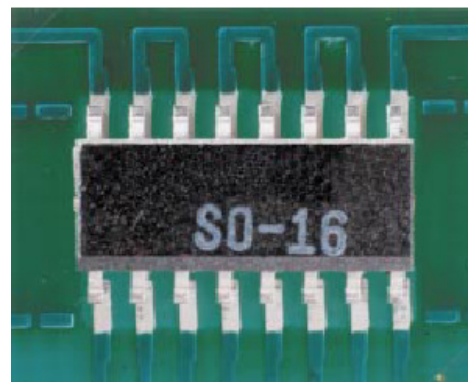


Cél: nincs elcsúszás

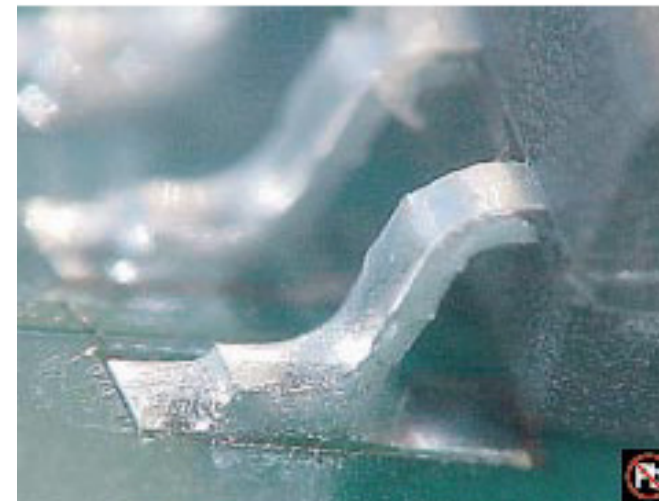
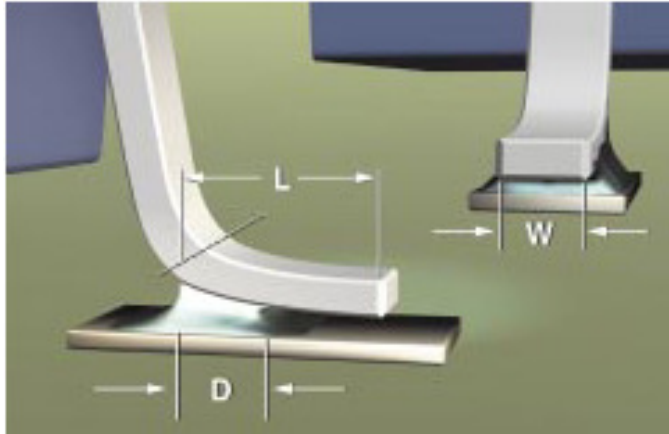
Elfogadható:

Class 3: 25%

Class 2: 50%



OLDALKÖTÉS HOSSZ



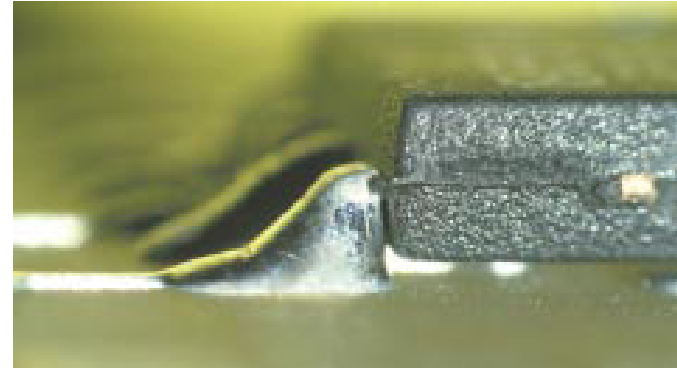
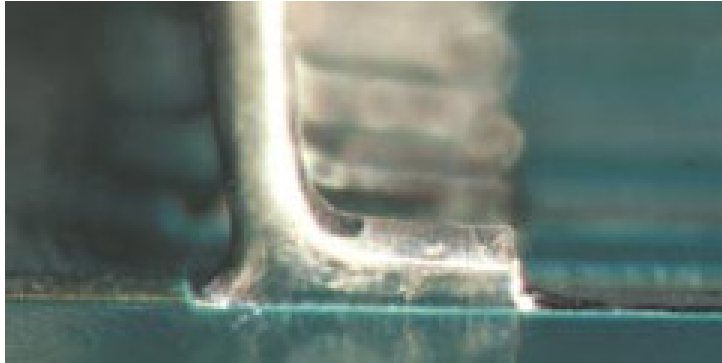
Cél: Nedvesítő forrasztás a kivezetés teljes hosszán

Elfogadható:

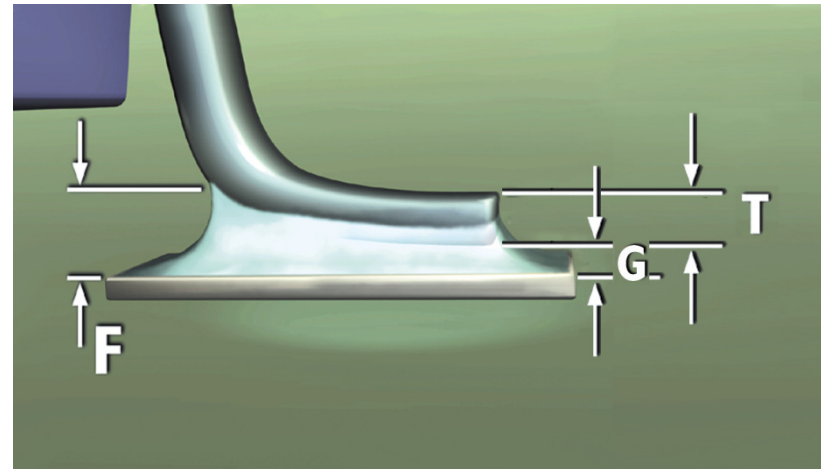
Class 1: $D > W$ vagy 0,5mm

Class 2,3: $D > 0,75L$

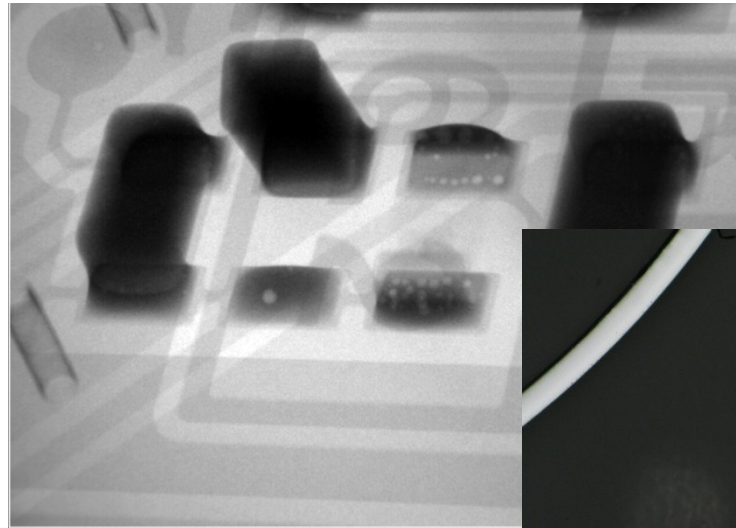
HÁTSÓ MENISZKUSZ



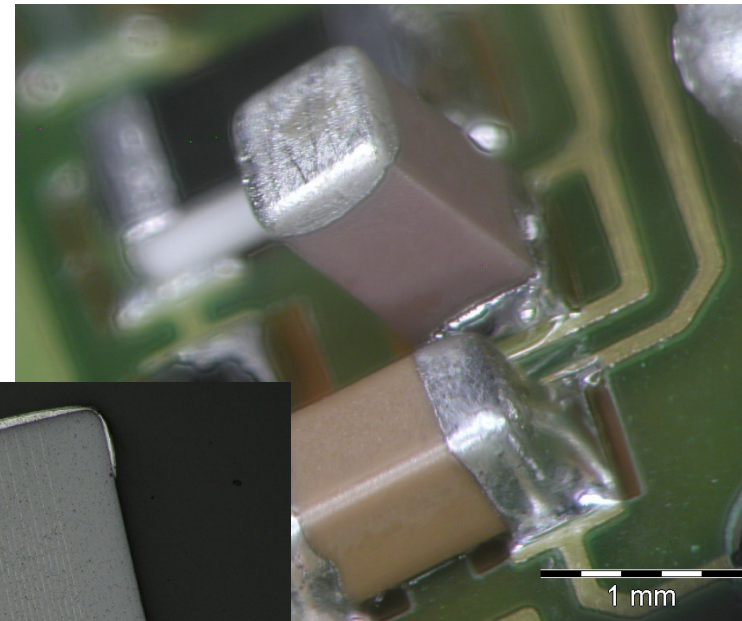
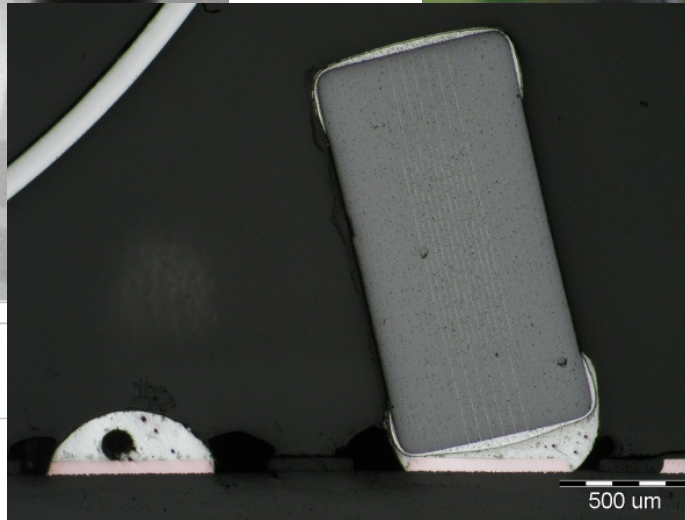
Elfogadható:
Class 1: Nedvesítő forrasztás
Class 2: $F > G + 0,5T$
Class 3: $F > G + T$,
De ne érjen hozzá a tokhoz!



SÍRKŐ - TOMBSTONE



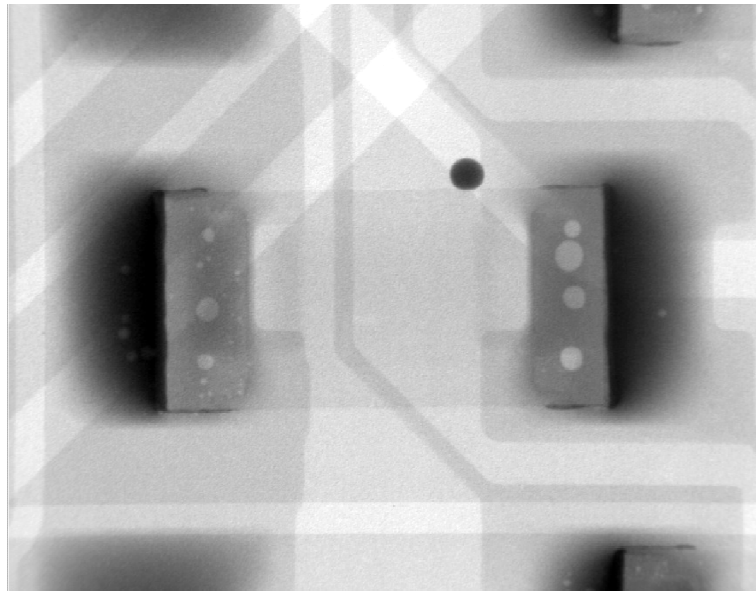
1.0mm
Tube voltage: 129 kV
Tube power: 0.94 W
Filter used: None
Filter strength: 0
Averaging: 128 frames



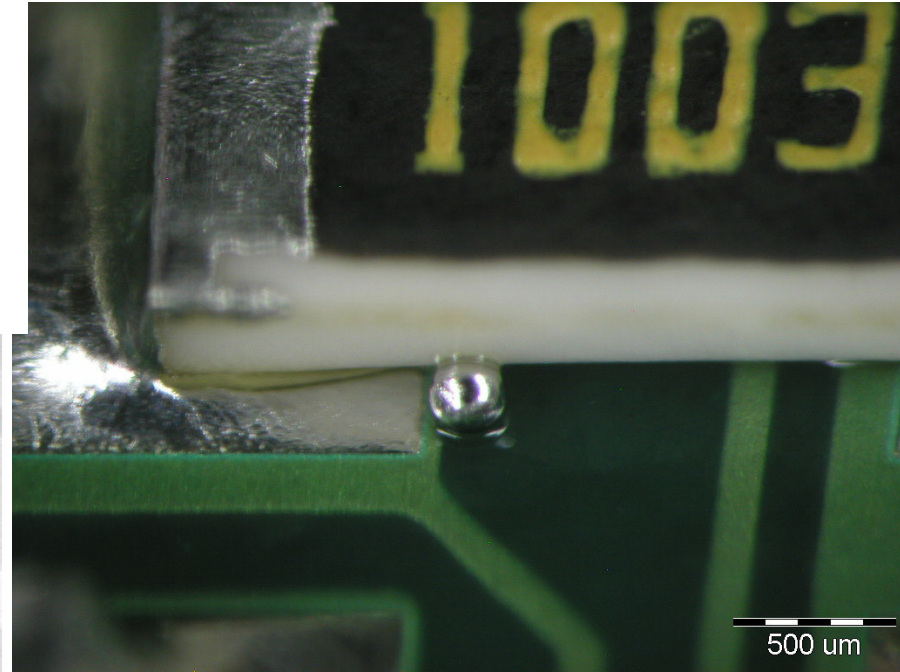
Ez a jelenség kétpólusú alkatrészeknél jelentkezik, az egyik kivezető elválk a kontaktus felülettől, felemelkedik. A hiba a forrasztási folyamat beállításában és/vagy a hordozó tervezésében keresendő.

FORRASZGYÖNGY – MID-CHIP BALLING

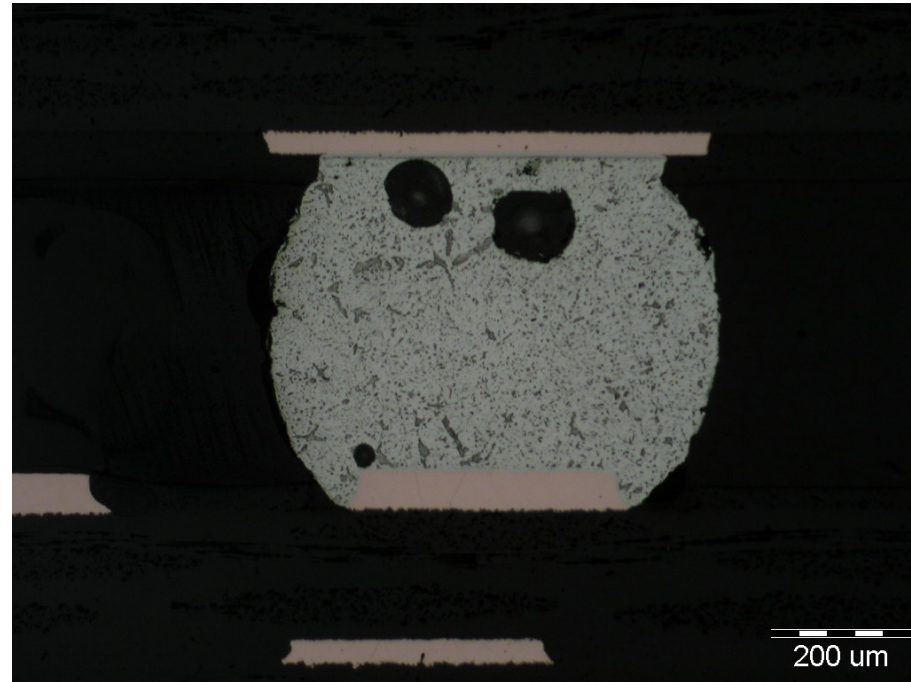
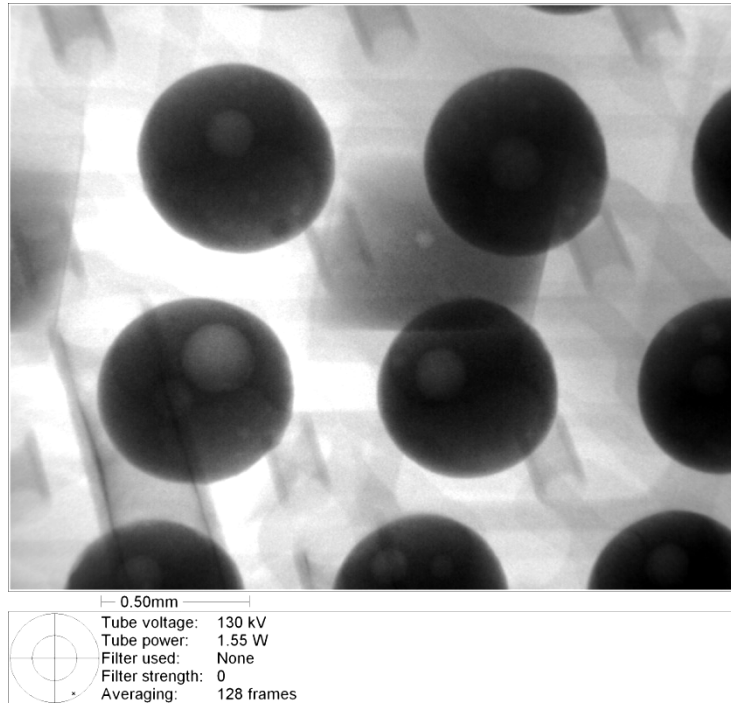
A megömlött forrasz-
anyag az alkatrész alá
kerül és mellette
forraszgolyót képez.



	1.0mm
Tube voltage:	99 kV
Tube power:	1.00 W
Filter used:	None
Filter strength:	0
Averaging:	128 frames



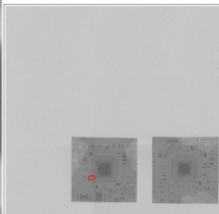
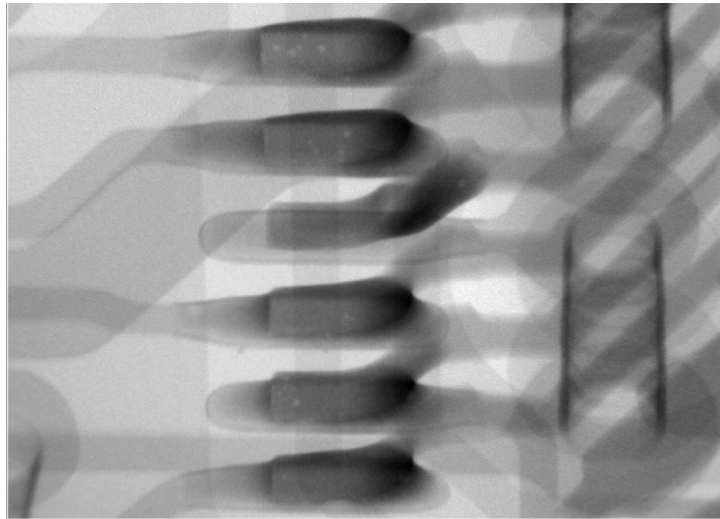
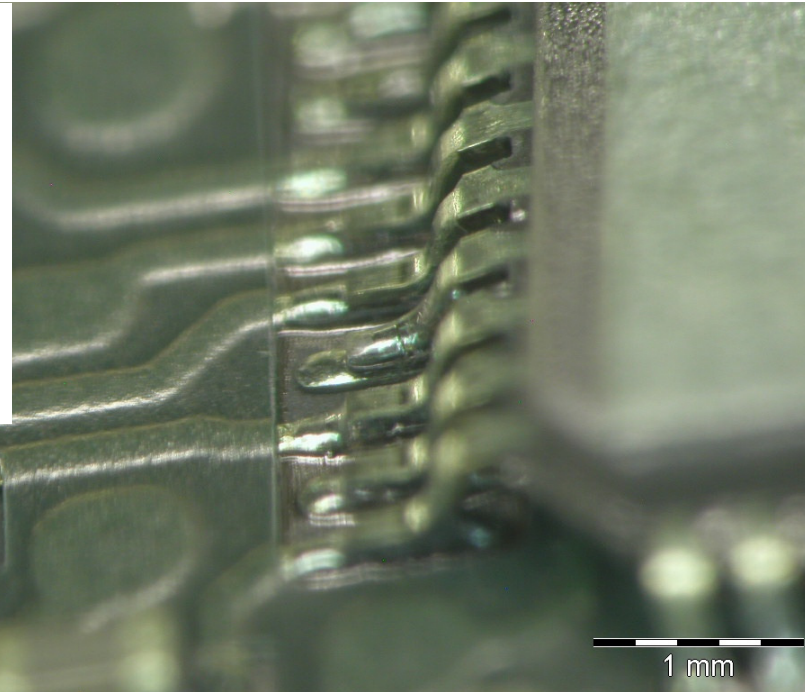
ZÁRVÁNY – VOID



A forrasztás során felszabaduló gázok nem tudnak távozni a forraszból. Okozhatja folyasztószer maradvány és furatok belsejében a hordozóból kipárolgó gázok. A jelenség a kötések belsejében üregeket, a kötés felületén krátereket hoz létre.

FORRASZ FELKÚSZÁS – WICKING UP

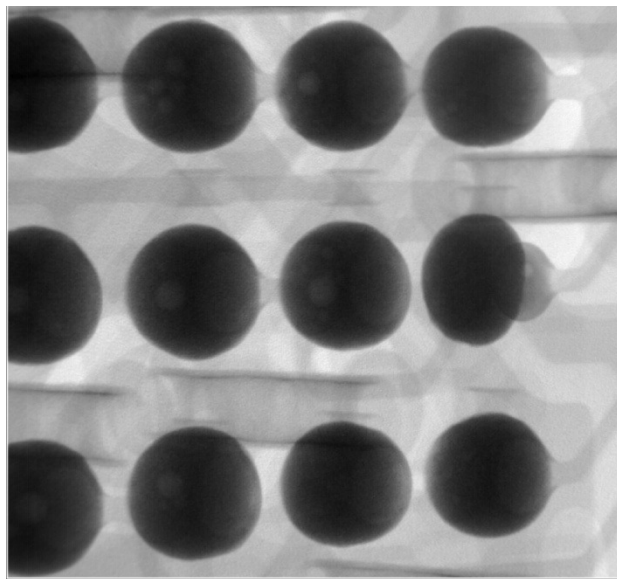
A teljes forraszanyag vagy annak nagy része felkúszik a kivezetőre. Általában J és sirálysárny kivezetős alkatrészeknél fordul elő.



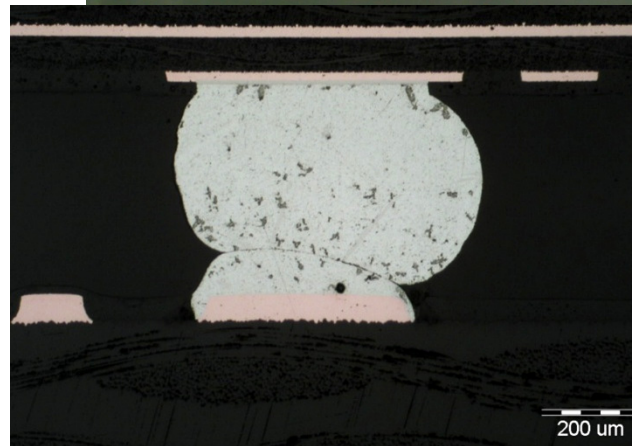
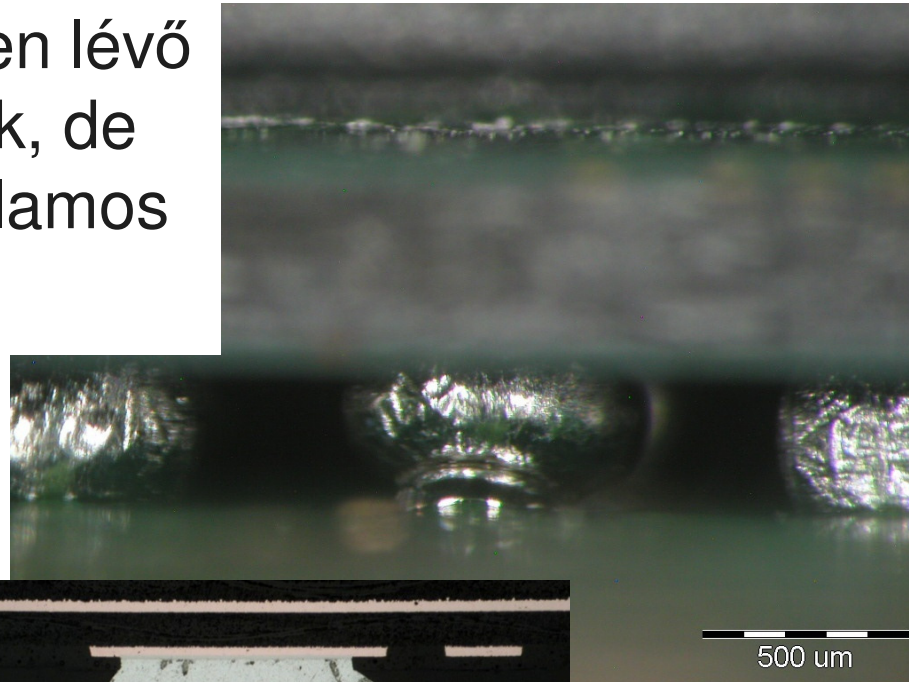
0.50mm
Tube voltage: 119 kV
Tube power: 1.14 W
Filter used: None
Filter strength: 0
Averaging: 128 frames

HEAD IN PILLOW

A forraszgolyó és a pad-en lévő forraszpasztta is megömlik, de nem alakul ki közöttük villamos és mechanikai kapcsolat.



0.50mm
Tube voltage: 144 kV
Tube power: 0.97 W
Filter used: None
Filter strength: 0
Averaging: 128 frames

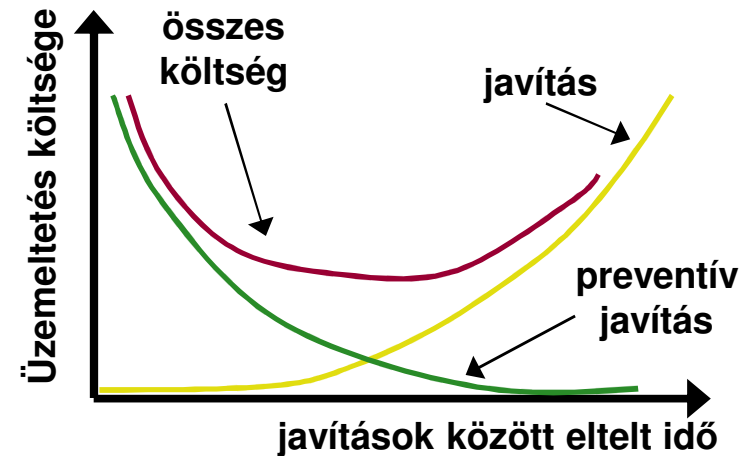
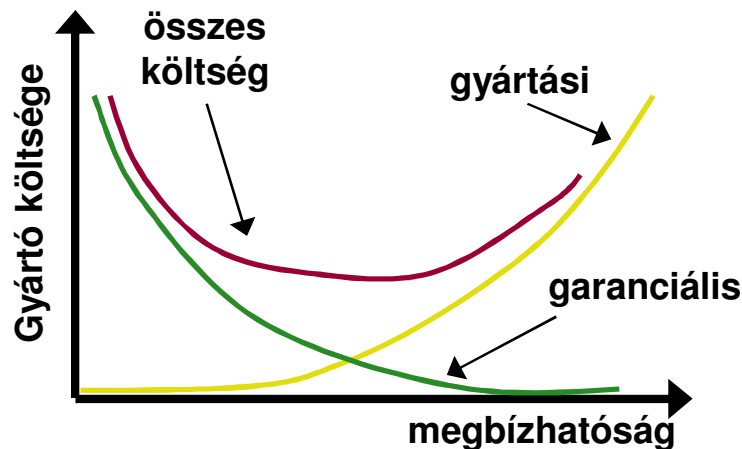


MEGBÍZHATÓSÁGI TERVEZÉS

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

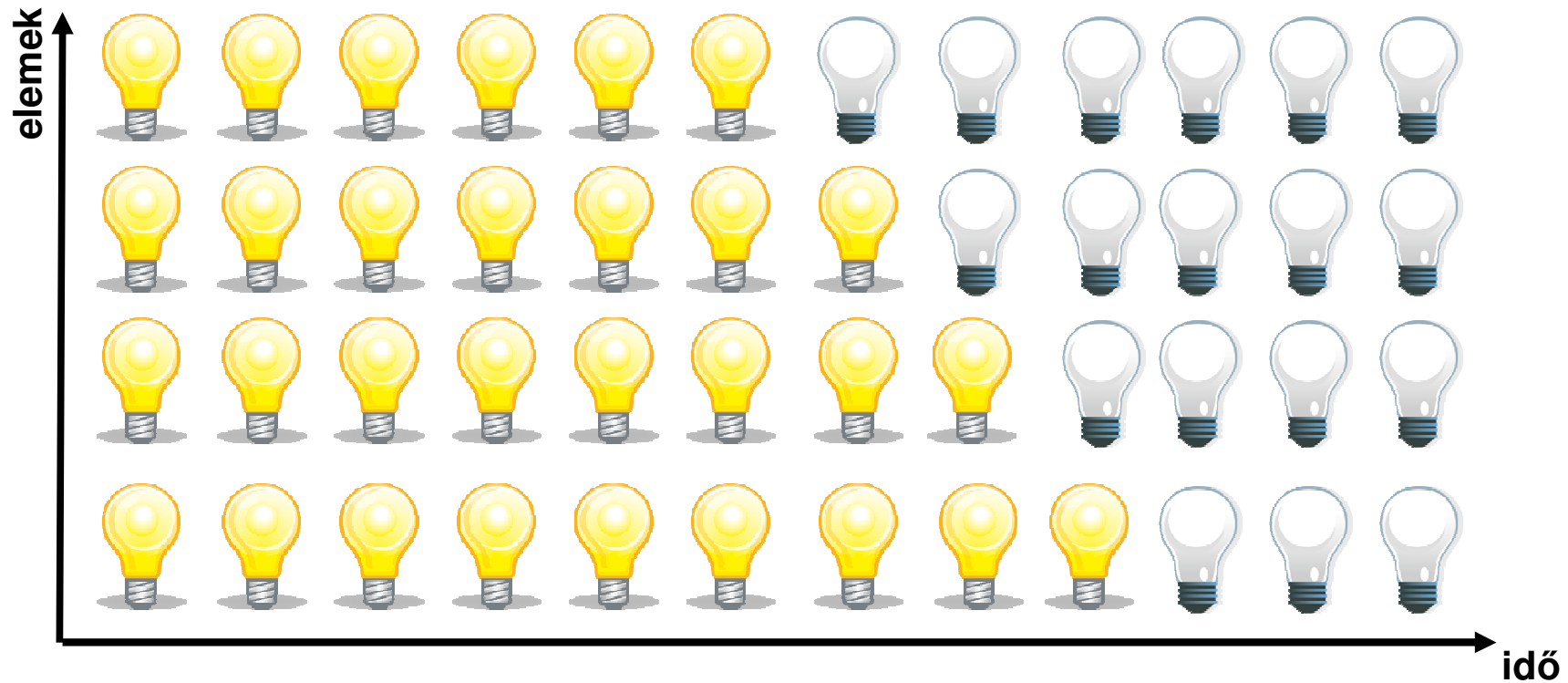
A megbízhatósági tervezés alkalmazásának előnyei:

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



A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

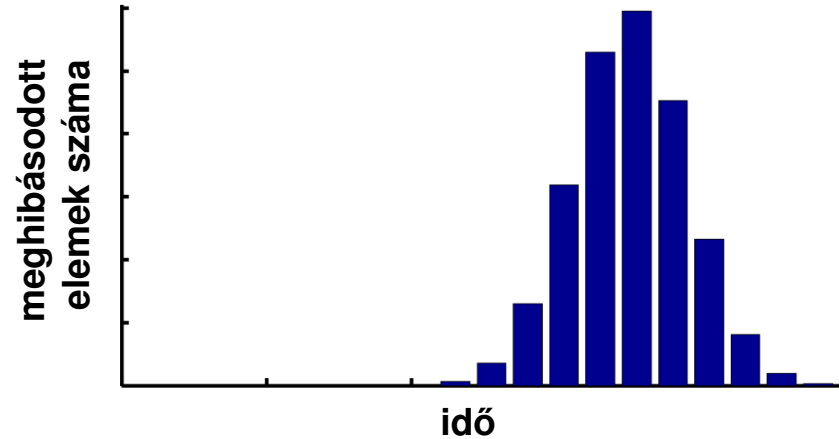
Alapkíséret: üzemeltessünk azonos alkatrészeket azonos körülmények között, és rögzítsük a meghibásodások időpontját:



Az alapkíséret alapján mondhatjuk: a megbízhatóság nem egy idő dimenziójú mennyiség (egy bizonyos alkatrész esetén nem egy konkrét időtartam).

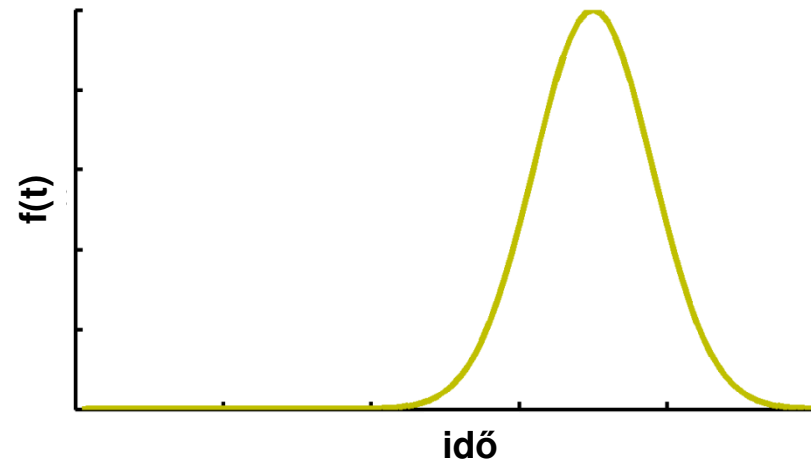
A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

Alapkísérlet továbbvitele:
vegyük fel grafikonra, hogy a működési idők (τ) milyen időintervallumokba esnek:



Végtelen sok alkatrészt feltételezve az időintervallumok szélessége infinitezimálisra csökkenthető, a függvény integrálját pedig 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”:

- megmutatja, hogy adott működési idő mekkora valószínűséggel várható,
- adott időintervallumban történő meghibásodás valószínűsége:

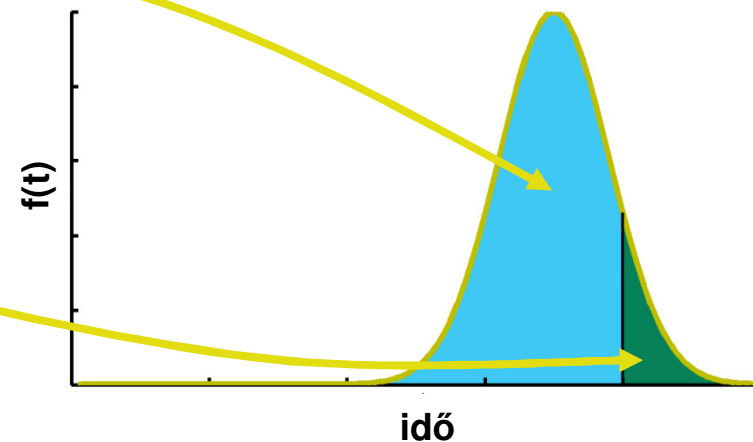
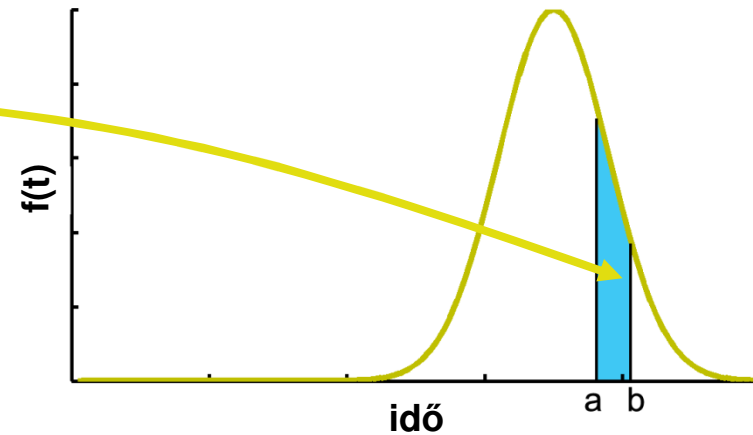
$$P(a \leq \tau \leq b) = \int_a^b f(t) dt$$

- 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, $R(t)$):

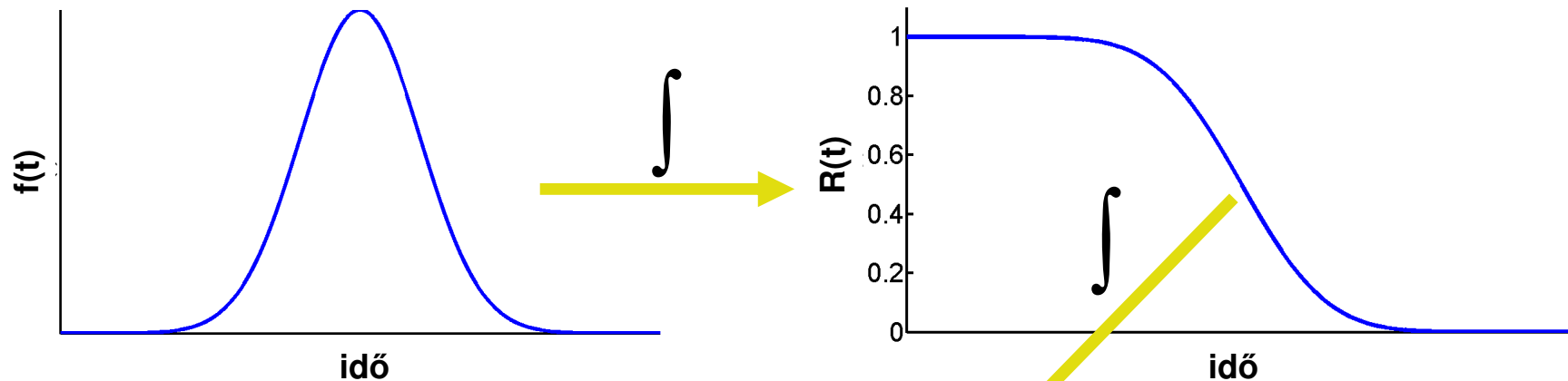
$$R(t) = P(t \leq \tau) = \int_t^{\infty} f(t) dt = 1 - F(t)$$



A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

A megbízhatósági függvény jellemzői:

- 1-ről indul (a nulla időpillanatban minden alkatrész működőképes),
- 0-hoz tart (minden alkatrész meghibásodik),
- csökkenő jellegű mutat (az alkatrészek öregednek),
- teljes időtartományra vett integrálja a várható élettartamot adja (T_0 , MTTF, Mean Time To Failure).



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

A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

A megbízhatósági vizsgálatok legfontosabb kérdése:

ha üzemeltetünk egy alkatrészt, vagy készüléket, milyen gyakran számíthatunk meghibásodásra?

Erre a kérdésre a hibaráta függvény (hazárd függvény) ad választ, amely: egy alkatrészpopulációban történt meghibásodások száma osztva a meghibásodásig (vagy a vizsgálat végéig) eltelt idők összegével.

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

Példa (közelítő számítás az időfüggés elhanyagolásával):

Elem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	össz.
t, óra	1000	1000	467	1000	630	590	1000	285	648	882	7502
meghibásodás	nem	nem	igen	nem	igen	igen	nem	igen	igen	igen	6

$\lambda = 6 \text{ hiba} / 7502 \text{ óra} = 0,0007998 \text{ hiba} / \text{óra} = 799,8 \text{ hiba} / 10^6 \text{ óra}$

A HIBARÁTA FÜGGVÉNY

Egy alkatrész megbízhatósága (hibaráta függvénye) 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!

A hibaráta függvény meghatározásának lehetőségei:

- alkatrészek modellezésével (bonyolultsága miatt erősen korlátozott lehetőségek),
- kísérletek segítségével:
 - szabvány alapján (pl. Mil-HDBK 217F),
 - saját mérésekkel és azok kiértékelésével.

A HIBARÁTA FÜGGVÉNY, ALKATRÉSZEK FAJTÁI

A meghibásodásért felelős mechanizmusok a különböző alkatrésztípusoknál eltérőek, ezért az alkatrészek megbízhatóságának időfüggése is eltérő. Az egyes csoportokat az $f(t)$ -re illeszthető függvények szerint különböztetjük meg:

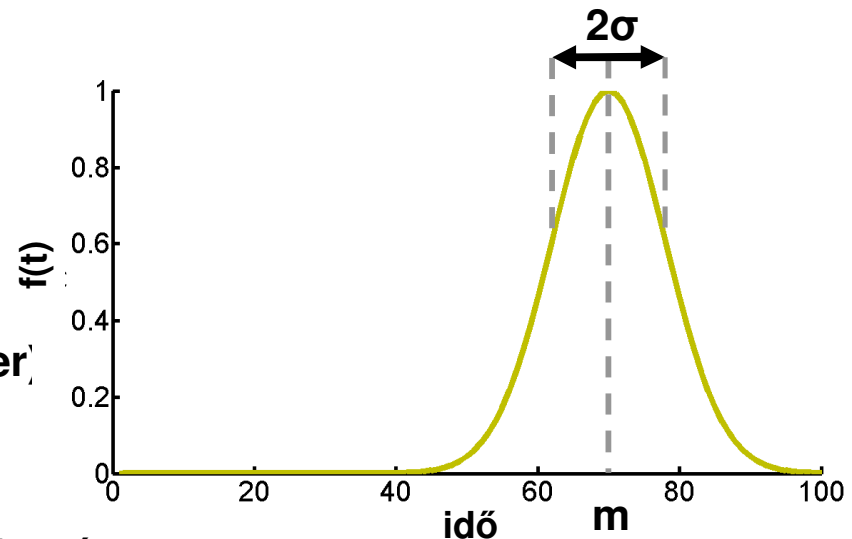
1. normál (Gauss),

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

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

m: várható élettartam,

σ : szórás (bizonytalansági paraméter)



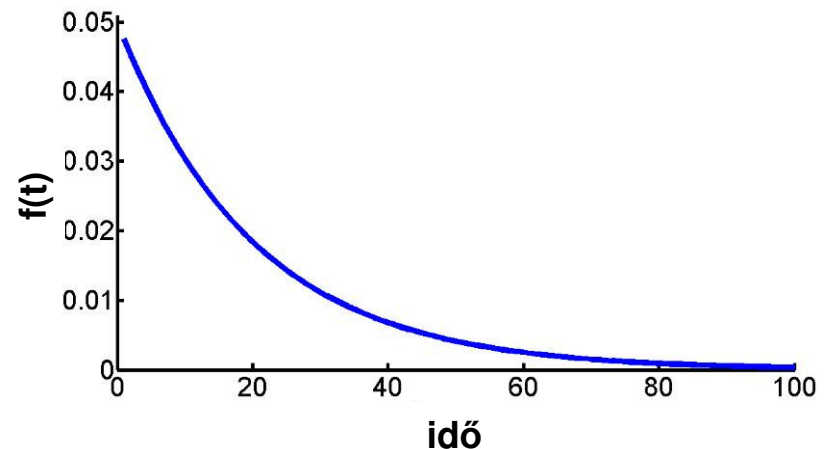
Példák: izzólámpa, relé, kapcsoló, potenciométer

A HIBARÁTA FÜGGVÉNY, ALKATRÉSZEK FAJTÁI

2. Exponenciális:

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

Példák: ellenállás, tranzisztor, integrált áramkörök



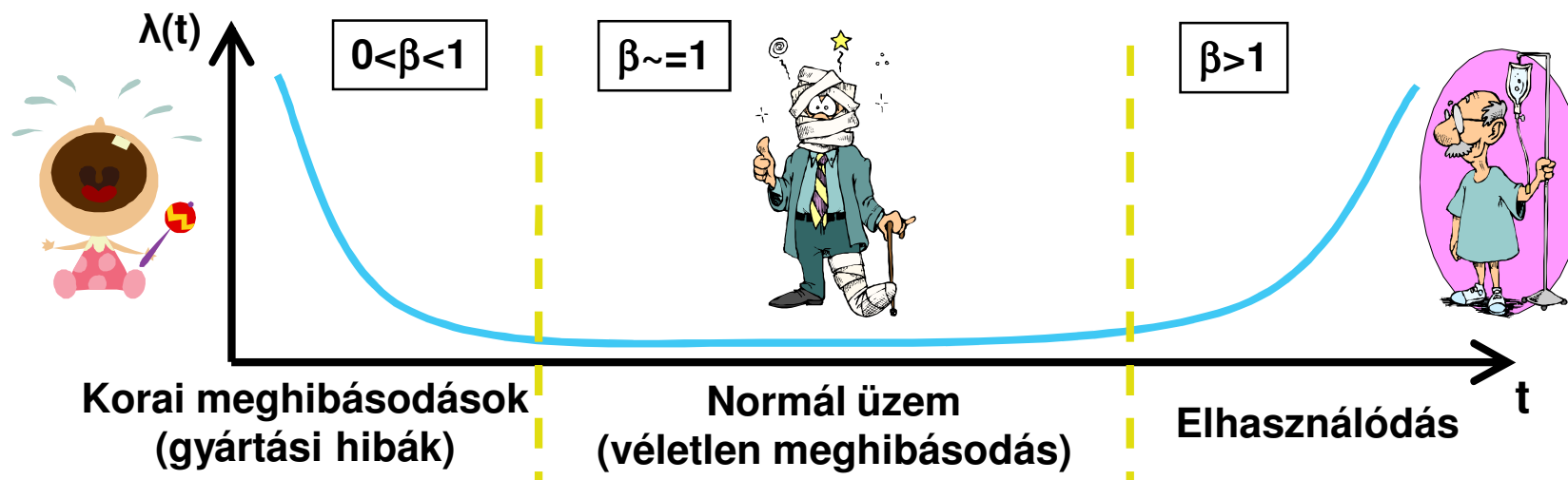
A HIBARÁTA FÜGGVÉNY, ALKATRÉSZEK FAJTÁI

3. Weibull:

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

η : karakterisztikus élettartam, β : alakparaméter



ÉLETTARTAM KÖZBENI MEGHIBÁSODÁSOK

- **Korrózió:**
a szerkezeti anyagok felületéről kiinduló, kémiai, illetve elektrokémiai folyamatok következtében létrejövő károsodás.
- **Fáradásos/túlterheléses törés:**
a szerkezeti anyagok kis-, illetve nagyciklusszámú fáradása okán bekövetkező károsodás.
- **ESD/EOS (Electrostatic Discharge/Electric Overstress):**
a meghibásodást a hőhatás járulékos jelenségei váltják ki.
- **Whisker:**
tűszerű egykristályok kinövése fémekből, melyek rövidzárat okozhatnak.
- **dendrit:**
elektródok között, elektrokémiai folyamatok következtében kialakuló fémkiválás.

