

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS ÉS MEGBÍZHATÓSÁG



6 MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS ÉS MEGBÍZHATÓSÁG

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA ÉS ANYAGISMERET
VIETAB00



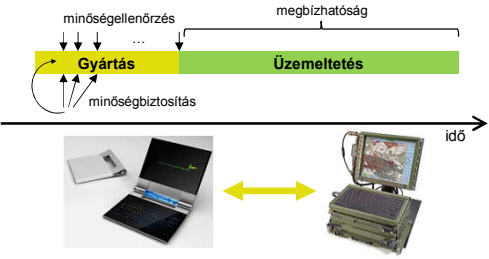
BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A MINŐSÉG ÉS 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.



Minőségbiztosítás és megbízhatóság

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MINŐSÉG BIZTOSÍTÁSA GYÁRTÁSBAN, TERMÉK KIBOCSÁTÁSA ELŐTT

- Minőségellenőrzés – a hibák detektálása a gyártás során:
 - vizuális ellenőrzés,
 - AOI (Automatic Optical Inspection) – automatikus optikai ellenőrzés,
 - AXI (Automatic X-ray Inspection) – automatikus röntgenes ellenőrzés,
 - ICT (In-Circuit Test) – áramköri bemérés,
 - FT (Functional Test) – működés ellenőrzése,
 - szélsőséges körülmények között (hőmérséklet, páratartalom, rázás, stb.) végrehajtott tesztek.
- SPC (Statistical Process Control) – statisztikai folyamatszabályozás:
 - mérési eredmények alapján a gyártási folyamat
 - minősítése,
 - szabályozása.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Minőségbiztosítás és megbízhatóság

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS ÉS MEGBÍZHATÓSÁG

MINŐSÉG BIZTOSÍTÁSA GYÁRTÁSBAN, TERMÉK KIBOCSÁTÁSA ELŐTT

• „6 sigma”:

A Six Sigma egy minőségi irányzat, melynek célja "az osztályában a legjobb termék, szolgáltatás" megvalósítása.

A Six Sigma egy módszer, rendszerezett megközelítés azon hibák csökkentésére amelyek hatással vannak arra, ami a vevőnek fontos, a cél: egymillió termékből/szolgáltatásból/információból mindössze 3,4 db legyen hibás, más megfogalmazásban

A Six Sigma egy mérőszám, amely statisztikus mérésen alapul, megmondja mennyire jók valójában termékeink, szolgáltatásaink és folyamataink.

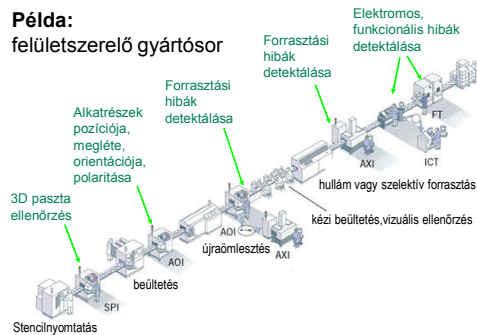
• FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) – hibamód és hatáselemzés:

elemzéses módszertan: az elkövethető hibák; hibák hatásainak, és a hibák okainak a gyűjteménye, kiegészítve a megelőzéssel és detektálhatósággal



ELLENŐRZÉSI LEHETŐSÉGEK A GYÁRTÁSI FOLYAMATBAN

Példa:
felületszerelő gyártósor



AOI-AUTOMATIKUS OPTIKAI ELLENŐRZÉS

A leggyakrabban alkalmazott ellenőrzési módszer, mert

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

Felépítése, működési elve:

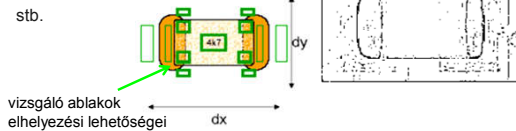


MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS ÉS MEGBÍZHATÓSÁG

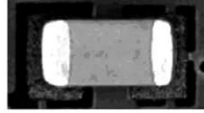
AOI – AUTOMATIKUS OPTIKAI ELLENŐRZÉS

Példák AOI-vel detektálható hibákra:

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



eredeti felvétel:



étkeresés eredménye:

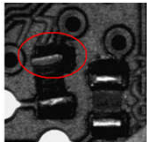
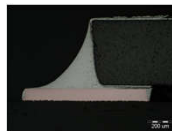


Minősegbiztosítás és megbízhatóság

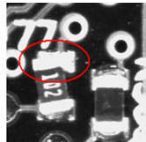
7/34

PÉLDA: FORRASZTOTT KÖTÉS (MENISZKUSZ) MEGLÉTÉNEK VIZSGÁLATA AOI-VAL

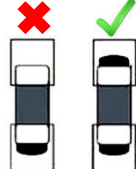
Megfelelő megvilágítás esetén a megfelelő forrasztott kötés homorú meniszkusza fényt szétszórja, az nem jut vissza a kamerába, ezért sötétebbnek látszik. Ha nem jött létre kötés, akkor azonban a pad sík felülete fényesen jelenik meg a képen.



merőleges megvilágítás



diffúz megvilágítás

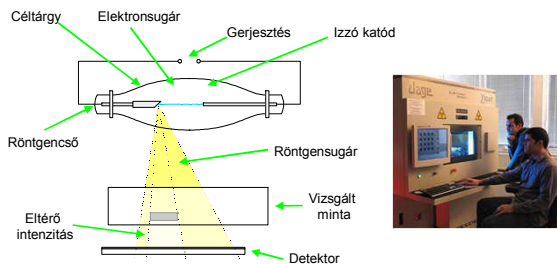


Minősegbiztosítás és megbízhatóság

8/34

AXI – AUTOMATIKUS RÖNTGENES ELLENŐRZÉS

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



Minősegbiztosítás és megbízhatóság

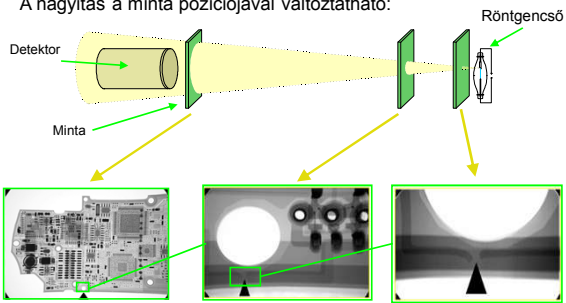
9/34

Minősegbiztosítás és megbízhatóság

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS ÉS MEGBÍZHATÓSÁG

AXI – AUTOMATIKUS RÖNTGENES ELLENŐRZÉS

A nagyítás a minta pozíciójával változtatható:



ICT – ÁRAMKÖRI BEMÉRÉS

ICT segítségével elvégezhető vizsgálatok:

- ellenállás, kapacitás, induktivitás mérése,
- polaritás, nyitott kötések detektálása,
- NyHL-en szakadások és rövidzárok detektálása
- (tesztelés következő lépése: funkcionális vizsgálat - FT).

Előnye:

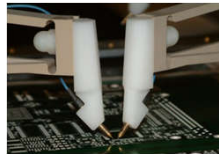
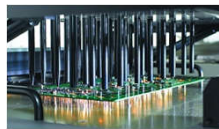
- villamos paramétereket mér,
- egyes esetekben kiválthatja az AXI-t

Hátrányos tulajdonságai:

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

Megvalósításának lehetőségei:

- tűág,
- mozgóérintkezős mérés.



VONATKOZÓ SZABVÁNYOK

A szabványokat létrehozó szervezetek célja:

- a gyártók és a felhasználók érdekeinek egyeztetése,
- a fejlesztések, fejlesztési irányok összehangolása.

A legfontosabb vonatkozó 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, forrasztási szabványok,
- J-STD-035: Akusztikus mikroszkópia,
- J-STD22-.....: Gyorsított élettartam vizsgálatok,
- IPC-7711 és 7721: Javítás.

Minősegbiztosítás és megbízhatóság

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS ÉS MEGBÍZHATÓSÁG

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).

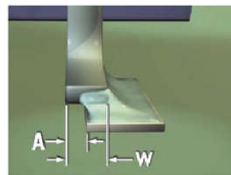
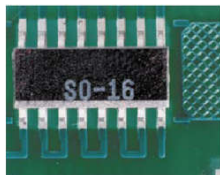


MINŐSÍTÉSI KRITÉRIUMOK PÉLDA: LAPOS, L, SIRÁLYSZÁRNY KIVEZETÉSEK

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.
Végűtnyúlás	B	Nem megengedett		
Minimum végkötés szélesség	C	50% (W)		75% (W)
Minimum oldalsó kötés hossz	L ≥ 3 W	D (1W) vagy 0.5 mm, amelyik kisebb	3 (W) vagy 75% (L) amelyik hosszabb	
	L < 3 W		100% L	
Maximális sarokkötés	E			
Minimális sarokkötés	F	Nedvesítő forrasztás a kivezetés függetlenes felületén	(G) + 50%(T)	(G) + (T)
Forrasztó 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

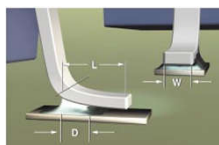


Cél: nincs elcsúszás
Elfogadható:
Class 3: 25%
Class 2: 50%



MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS ÉS MEGBÍZHATÓSÁG

OLDALKÖTÉS HOSSZ



Cél: Nedvesítő forrasztás a kivezetés teljes hosszában

Elfogadható:

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

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

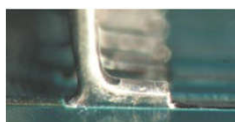


Minősegbiztosítás és megbízhatóság

16/34

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HÁTSÓ MENISZKUSZ



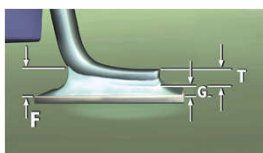
Elfogadható:

Class 1: Nedvesítő forrasztás

Class 2: $F > G + 0,5T$

Class 3: $F > G + T$,

De ne érjen hozzá a tokhoz!



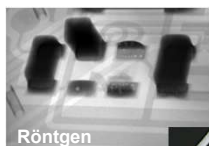
Minősegbiztosítás és megbízhatóság

17/34

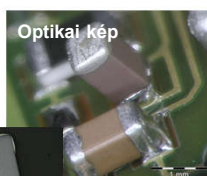
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AZ ÚJRAÖMLESZTÉSES FORRASZTÁS HIBÁI – SÍRKŐ – „TOMBSTONE”

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



Röntgen



Optikai kép



Keresztcsiszolat



Minősegbiztosítás és megbízhatóság

18/34

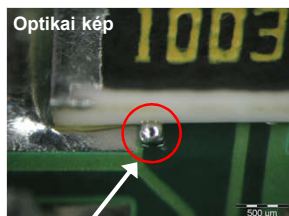
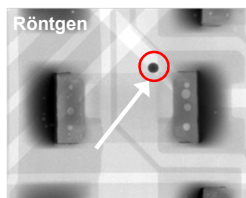
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Minősegbiztosítás és megbízhatóság

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS ÉS MEGBÍZHATÓSÁG

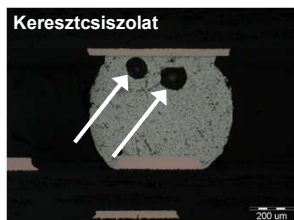
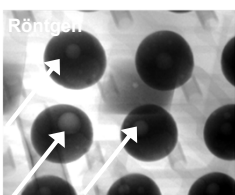
AZ ÚJRAÖMLESZTÉSES FORRASZTÁS HIBÁI – FORRASZGOLYÓ – „MID-CHIP BALLING”

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



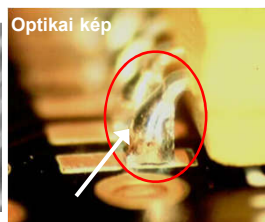
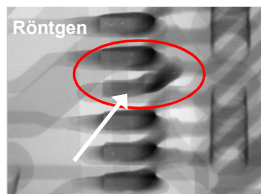
AZ ÚJRAÖMLESZTÉSES FORRASZTÁS HIBÁI – ZÁRVÁNY – „VOID”

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.



AZ ÚJRAÖMLESZTÉSES FORRASZTÁS HIBÁI – FORRASZ FELKÚSZÁS – „WICKING UP”

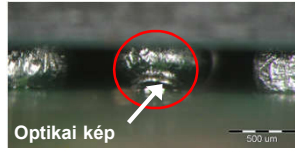
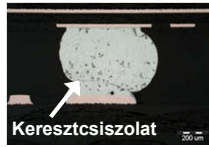
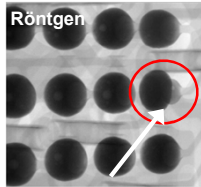
A teljes forraszanyag vagy annak nagy része felkúszik a kivezetőre. Általában J és sirályszárny kivezetős alkatrészeknél fordul elő.



MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS ÉS MEGBÍZHATÓSÁG

AZ ÚJRAÖMLESZTÉSE FORRASZTÁS HIBÁI – „HEAD IN PILLOW”

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

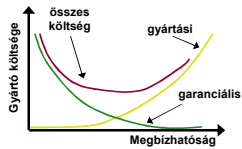


MEGBÍZHATÓSÁGI TERVEZÉS

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

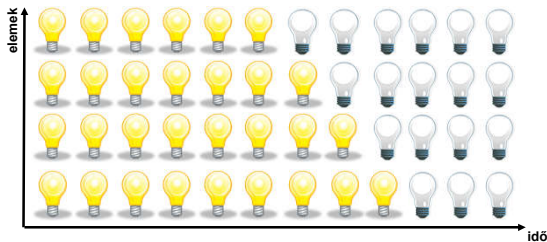
A megbízhatósági tervezés alkalmazásának előnyei:

- 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

Alapkísérlet: üzemeltesünk azonos alkatrészeket azonos körülmények között, és rögzítsük a meghibásodások időpontját:



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

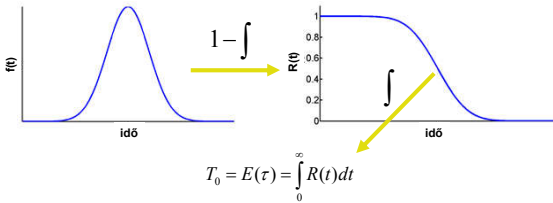
Minősegbiztosítás és megbízhatóság

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS ÉS MEGBÍZHATÓSÁG

A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

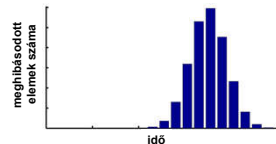
A megbízhatósági függvény jellemzői:

- 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).



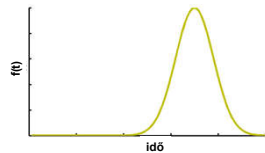
A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

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



Végtelen sok alkatrészt feltételezve az időintervallumok szélessége infintezimálisra csökkenthető, a függvény integrálját pedig 1-re normáljuk, így kapjuk a **meghibásodási sűrűségfüggvényt** ($f(t)$).

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



A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

A meghibásodási sűrűségfüggvény „felhasználása”:

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

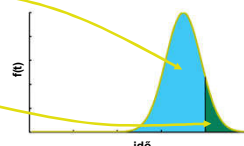
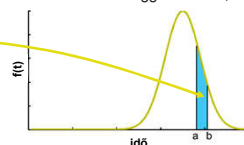
$$P(a \leq \tau \leq b) = \int_a^b f(t) dt$$

- 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, $R(t)$):

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



MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS ÉS MEGBÍZHATÓSÁG

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 alkatrészpoblációban 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

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



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:

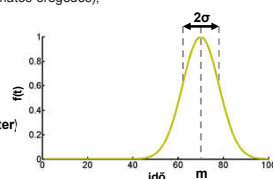
1. normál (Gauss),

- 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



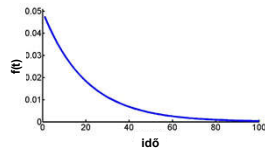
MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS ÉS MEGBÍZHATÓSÁG

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, tranzistor, integrált áramkörök

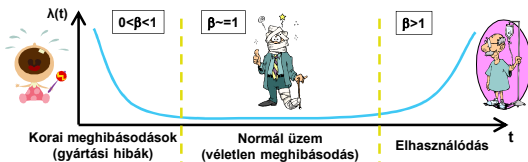


A HIBARÁTA FÜGGVÉNY, ALKATRÉSZEK FAJTÁI, ÉS AZ ÚN. „KÁD GÖRBE”

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



A KÉSZÜLÉKEK „ÉLETE” SORÁN KIALAKULÓ 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. (pl. hőciklus v. mech. terhelés)

ESD/EOS (Electrostatic Discharge/Electric Overstress):

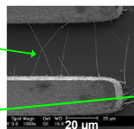
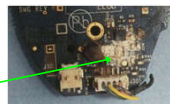
a meghibásodást a hőhatás járulékos jelenségei váltják ki.

Whisker:

tűszerű egykristályok kinövése fémekből, melyek rövidzárlatot okozhatnak.

dendrit:

elektrodák között, elektrokémiai folyamatok következtében kialakuló fémkiválás, amely rövidzárlatot okozhat.



MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS ÉS MEGBÍZHATÓSÁG

KITEKINTÉS

Fejlesztési irányok:

- minőségellenőrzés: a termékek ellenőrzése minél több gyártási fázisban (selejt korai felismerése), „zero-defect manufacturing”
- SPC bevezetésével a selejt kialakulásának megelőzése,
- a megbízhatósági tervezés segítségével és a gyártási folyamatok paramétereinek pontos kézbentartásával a termékek élettartamának egyre pontosabb becslése, tervezése.