

ELEKTRONIKAI GYÁRTÁS ÉS MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS

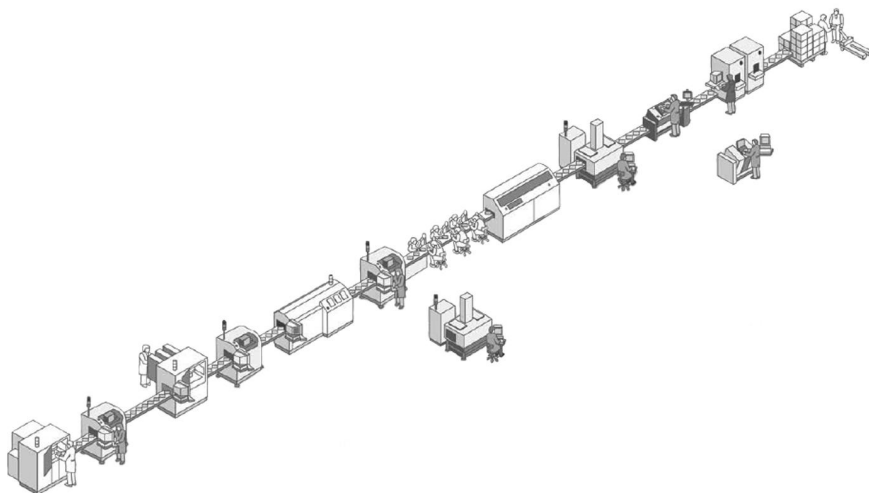
Ellenőrző kérdések – válaszokkal

A WWW.ETT.BME.HU OLDALON TALÁLHATÓ ANYAGOK ALAPJÁN

Készítette:
Ecker Tibor Ádám

e-mail:
phantox@tvn.hu

2011. május 18.



A hibákért nem vállalom felelősséget, de ha találsz benne, akkor e-mailben értesíts (lehetőleg még 2011-ben:-)!

Aki kinyomtatja: A5-ös formátumra terveztem.

1 N1 - A MEGBÍZHATÓSÁG ELMÉLETI ALAPJAI. ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK ÉS KÉSZÜLÉKEK MEGBÍZHATÓSÁGI JELLEMZŐI

1.1 Ismertesse a legfontosabb megbízhatósági időfüggvényeket!

- Működési idő (τ) adott eloszlású valószínűségi változó.
- Meghibásodási függvény (eloszlásfüggvény):

$$F(t) = P(\tau < t)$$

- Megbízhatósági függvény:

$$R(t) = P(\tau > t) = 1 - P(\tau < t) = 1 - F(t)$$

- Meghibásodási sűrűségfüggvény:

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq \tau < t + \Delta t)}{\Delta t} = F'(t)$$

- Meghibásodási ráta függvény (hazardfüggvény):

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq \tau < t + \Delta t | \tau \geq t)}{\Delta t} = \frac{f(t)}{R(t)} = -\frac{R'(t)}{R(t)}$$

- Várható élettartam (MTFF=Mean Time to First Failure):

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

1.2 A megbízhatósági függvények értelmezése exponenciális eloszlás esetén.

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

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

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

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

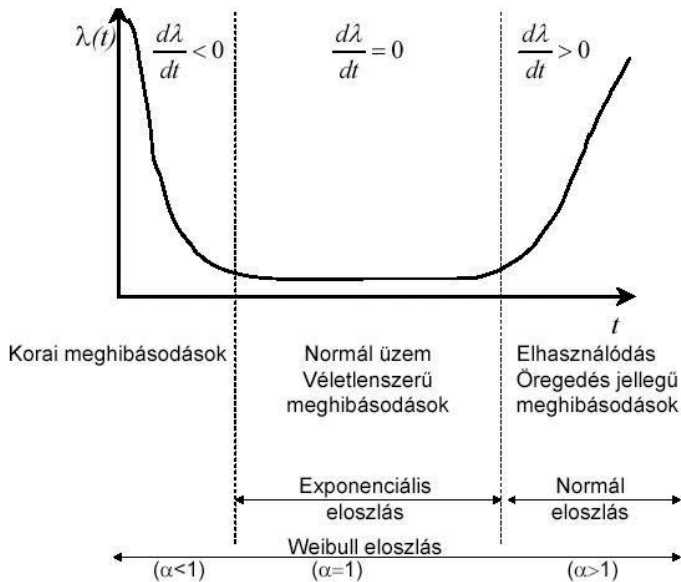
$$MTFF = \frac{1}{\lambda} = T_0$$

- egyparaméteres eloszlás,
- örökifjú tulajdonság (A t utáni Δt időben a működőképesség valószínűsége csak Δt -től függ),

1.3 Milyen tényezők befolyásolják a λ paramétert?

- A környezeti hatásoktól függően a λ nagyságrendeket változhat – tervezés,
- Környezeti hatások:
 - felhasználási körülmények,
 - hőmérséklet ($10^\circ C$ -os szabály),
 - terhelés,
 - minőség (kereskedelmi, ipari, katonai),
 - régi/új termék, technológia,
- Különböző szabványok foglalkoznak a hatásokkal.

1.4 A megbízhatósági függvények értelmezése Weibull eloszlás esetén.



1.4.1. ábra. Kádgörbe

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

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta}}$$

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

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

- Kétparaméteres eloszlás, exponenciális hatványfüggvény,
- Használható a kádgörbe teljes időtartományában,
- Paraméterek:
 - η – karakterisztikus élettartam, skála paraméter,
 - β – alakparaméter,
- $\lambda(t)$ kádgörbe zárt formában megadható:
 - $0 < \beta < 1$ – korai meghibásodások,
 - $\beta = 1$ – normál üzem,
 - $\beta > 2$ – öregedési szakasz,

1.5 Ismertesse a soros rendszer jellemzőit, megbízhatósági függvényét és várható élettartamát!

- A rendszer véges számú elemből áll.
- Egy elem meghibásodása a rendszer meghibásodásához vezet.
- A meghibásodások egymástól függetlenek.
- Az elemek azonos fontosságúak.
- A kommersz elektronikai berendezések soros struktúrájúak.

Ha minden elem exponenciális eloszlású, akkor

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

1.6 Ismertesse a melegtartálékolt rendszer jellemzőit, meghibásodási függvényét és várható élettartamát!

- A rendszer n azonos, együtt működő elemből áll.
- A rendszer működéséhez egy elem működése szükséges.
- 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.
- A tartalék is fogyaszt energiát, elhasználódik.
- Általában rövid idejű alkalmazások esetén jelentős, az $R(t)$ görbe vízszintes érintővel indul.

n db egyforma (exponenciális) elem esetén:

$$F_e(t) = \prod_{i=1}^n F_i(t) = \prod_{i=1}^n 1 - e^{-\lambda_i t}$$
$$T_0 = T \sum_{i=1}^n \frac{1}{i}$$

1.7 Ismertesse a hidegtartalékolás jellemzőit és várható élettartamát!

- A rendszer n azonos elemből áll, csak az alapelem működik.
- A rendszer működéséhez egy elem működése szükséges.
- A tartalékban lévő elem nincs bekapcsolva, nem fogyaszt energiát.
- A tartalékban lévő elem nem hibásodhat meg.
- Hibafelismerő és kapcsolóelemre van szükség.
- A tartalékelem bekapcsolása időt vesz igénybe.

Várható élettartam n azonos elem esetén:

$$T_0 = \sum_{i=1}^n T_i = n \cdot T$$

1.8 Hogy értelmezzük a készenléti tényezőt a javítható rendszerek esetén?

Első meghibásodásig eltelt idő:

$$MTFF = E(T_1)$$

Működési(T_U) és javítási(T_D) idők várható értéke:

$$T_U = E(T_i)$$

$$T_D = E(T'_i)$$

Készenléti tényező:

$$K = \frac{T_U}{T_U + T_D}$$

2 N2 – ÉLETTARTAM VIZSGÁLATOK ÉS ÉLETTARTAM MODELLEK

2.1 Sorolja fel a fontosabb élettartam modelleket!

- 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,

2.2 Mikor használjuk az Arrhenius modellt, mit jelent az aktivációs energia, hogy történik meghatározása?

Konstans hőmérsékletű (hőntartásos) vizsgálatokhoz. Kémiai reakciók, diffúziós folyamatok, migrációs folyamatok felgyorsulnak.

Aktivációs energia (értéktartomány: $0.3\text{eV} \dots 1.5\text{eV}$): Egy kémiai folyamat lejátszódásához a kiindulási vegyületeknek aktivált állapotba kell kerülniük. Az ehhez szükséges energia az aktivációs energia. Az aktiválás mindig energiafelvételt jelent. Minden anyaghoz, alkatrészhez, folyamathoz, berendezéshez külön aktivációs energia tartozik.

$$MTFF = t = A_0 \cdot e^{\frac{E_a}{kT}}$$

$$E_a = k \frac{\ln \frac{t_2}{t_1}}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}}$$

$$k = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} \quad (\text{Boltzmann})$$

2.3 Mikor használjuk a Coffin-Manson és Peck modelleket?

Coffin-Manson: Elsősorban hőtágulási együtthatók különbségéből származó mechanikai feszültségek, törések (forrasz) vizsgálata. Hőciklus és hő-sokk vizsgálatokhoz.

Peck: Hőmérséklet, behatoló nedvesség és villamos terhelés együttes hatásának vizsgálata.

2.4 Hogyan történik az átlagos teszt idő meghatározása Weibull eloszlás esetén?

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

$$\ln \left(\ln \frac{1}{1 - F(t)} \right) = \beta (\ln t - \ln \eta)$$

ahol η a karakterisztikus élettartam.

2.5 Mi értünk környezetállósági vizsgálatokon ? Melyek a fontosabb környezetállósági vizsgálatok ?

Célja a környezeti feltételek utánzásával, vagy hatásaik lemásolásával annak az igazolása, hogy a minta képes-e elviselni a környezeti feltételeket, működőképes-e ilyen feltételek között. Rendszerint egymást követő vizsgálatokból (vizsgálat sorozatból) állnak.

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

2.6 Mit értünk gyorsított vizsgálatokon ? Melyek a fontosabb gyorsító paraméterek ?

Célja 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.

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

2.7 Sorolja fel a magas hőmérséklet és nedvességtartalom gyorsító hatásait!

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.
- 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 – forrasztörés.
- A hőmérséklet növekedés nem kívánt kémiai reakciók elindulásához vezethet.
- Növekedhet a korróziós hajlam.

Nagy légnedvesség:

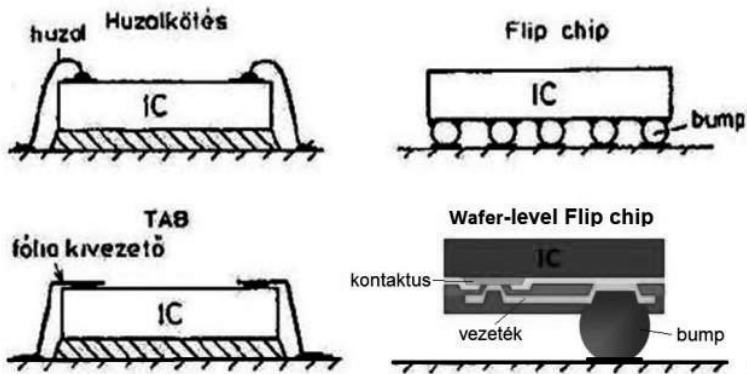
- Fizikai tulajdonságok változása:
 - Méret- és súlyváltozás a duzzadás miatt,
 - Súrlódási együttható változása,
 - Mechanikai szilárdság változása,
- Villamos tulajdonságok változása:
 - Szigetelő anyagok átütési szilárdsága, szigetelési ellenállása csökken,
 - Kondenzátorok veszteségi tényezője és kapacitása nő,
 - Elektrokémiai migráció (Az elektrolitban megindul a fémion vándorlás az anód felé),

2.8 Sorolja fel a fontosabb gyorsított vizsgálati módszereket!

- Magas hőmérsékleten történő tárolás (High Temperature Storage Life – HTSL),
- Hőciklus (Thermal Cycle – TC),
- Hő sokk (Thermal Shock – TS),
- Hőmérséklet – páratartalom – villamos terhelés (Temperature, Humidity and Bias – THB),
- Nagymértékben gyorsított terheléses vizsgálat (Highly Accelerated Stress Test – HAST),
- Rezgésállóság,

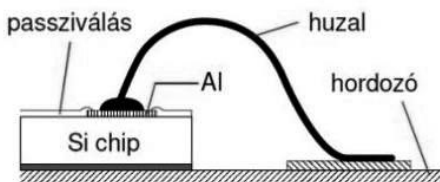
3 II – CHIPBEÜLTETÉSI ÉS MIKROHUZALKÖTÉSI TECHNOLÓGIÁK

3.1 Sorolja fel és ábrán is szemléltesse a chipek négy legfontosabb beültetési és bekötési technikájának elvét!



3.1.1. ábra. Chipbeültetési és bekötési technikák

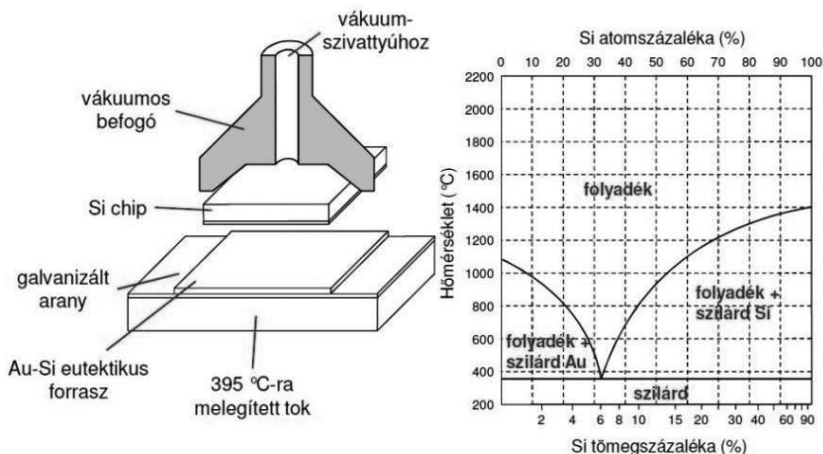
3.2 Ismertesse és ábrán is szemléltesse a mikrohu-zalkötést alkalmazó chip&wire chipbeültetési technológiát!



3.2.1. ábra. Chip&Wire

A chip eutektikus forrasztással vagy ragasztással kerül rögzítésre. A huzalkötés technikáját tekintve ultrahangos, termokompressziós és termoszonikus lehet, anyaga arany ($25\mu m$) vagy teljesítmény elektronikánál alumínium ($100\mu m$).

3.3 Ismertesse és ábrán is szemléltesse az eutektikus kötés készí-tési mód-ját és az Au – Si ötvözet állapotábráját!

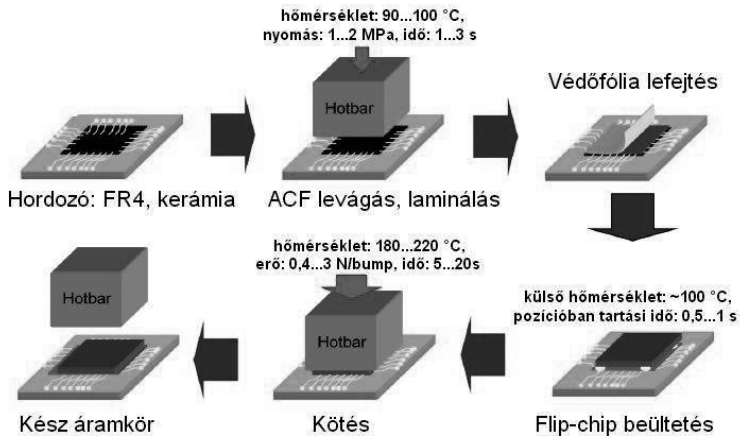


3.3.1. ábra. Eutektikus forrasz

Az arany és a szilícium $370^{\circ}C$ -on eutektikumot képez. A chipet N_2 atmo-szférában vákuumcsipesszel fogják meg és belenyomják a $395^{\circ}C$ -ra hevített

forraszba.

3.4 Ismertesse és ábrán is szemléltesse a vezető ragasztót alkalmazó chipbekötés készítési módját



3.4.1. ábra. Chip ragasztás

3.5 Ismertesse az izotróp és az anizotróp vezető ragasztók felépítését, fajtáit, alkalmazásait

Felépítése:

o Műgyanta:

- Epoxi,
- Poliimid,
- Hőre lágyuló műanyag,

o Töltőanyag:

- Hővezetést javító (AlN , Al_2O_3 , gyémánt),
- Villamos vezetést javító (pehely alakú Ag , Au , Cu , vezető gölyök),

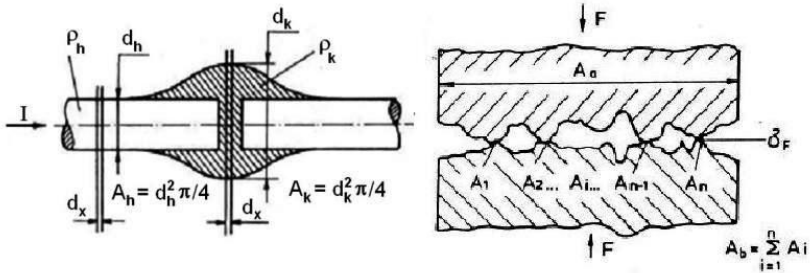
Izotróp ragasztók a tér minden irányában vezetnek.

Anizotróp vezető ragasztónál a vezetést a kontaktusfelületek közé bera-
gadó 10–15 vezető golyó (Au , Ag , vezető anyaggal bevont műanyag golyók,
 Ni golyók Ag bevonattal) hozza létre, így ez csak vastagság irányba vezet.

Paszta és film ($50\mu m$) formában kaphatók.

IC, tokozatlan chip, hajlékony huzalozás és kijelzők bekötésére használ-
ják elsősorban.

3.6 Ismertesse és hasonlítsa össze a forrasztott és az érintkezés jellegű kötések tulajdonságait és méretezésük elvét!



3.6.1. ábra. Forrasztott és az érintkezés jellegű kötések

Forrasztott kötés akkor jó, ha

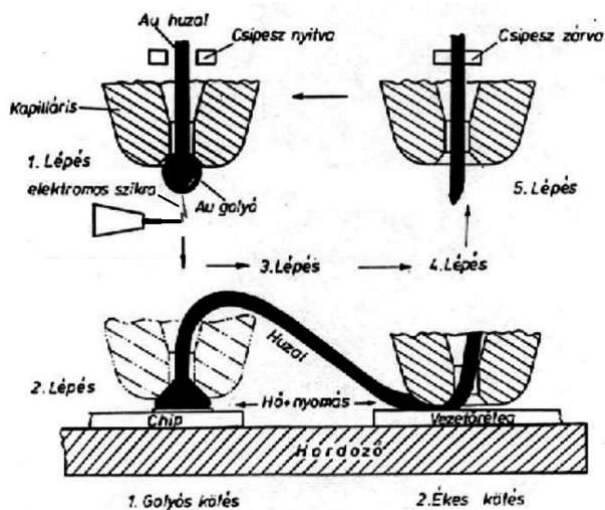
$$A_k \geq A_h \frac{\rho_k}{\rho_h}$$

Ha két áramvezetőt érintkezésbe hozunk – például egy chip kontakt felü-
letére F erővel rányomjuk a mikrohuzalt –, azok egy látszólagos A_a érintke-
zési felületnél kisebb, a nyomóerőt hordozni képes, általában több kis foltból
összetevődő, A_b felületen érintkeznek egymással. A tiszta, fémesen érintkező
 A_c felületre igaz, hogy:

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

ahol a az érintkező felületek sugara és σ_f a folyási határszilárdság.

3.7 Ismertesse és ábrán is szemléltesse a chip&wire technikához is használt mikrohuzalkötési technológiát, az ékes és a golyós termokompressziós kötés elvét!

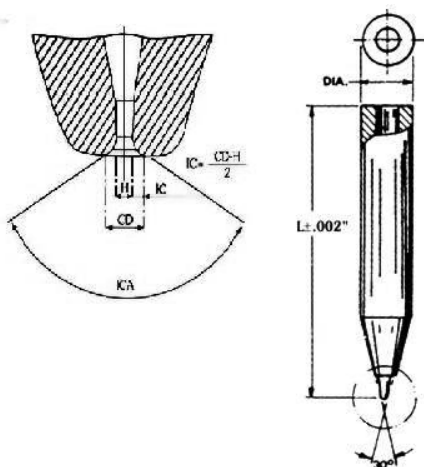


3.7.1. ábra. Termokompressziós kötés

Ékes kötés: A felfűtött hordozóhoz hozzányomjuk a huzalt, és a kapilláris széle elvágja azt.

Golyós kötés: egy villamos ívkisülés során a huzal megolvad, majd az olvadt huzalt nyomjuk a felülethez.

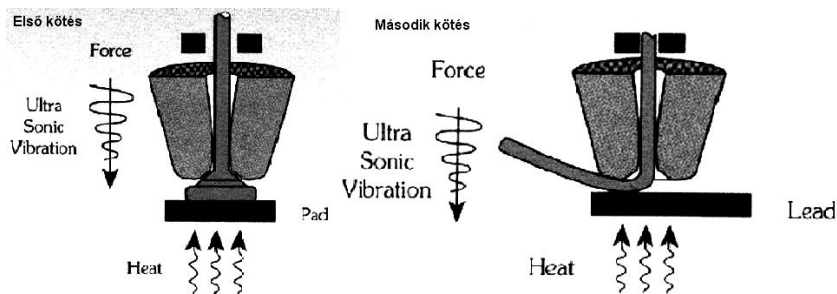
3.8 Ismertesse és ábrán is szemléltesse a termokompressziós kötés készítésének folyamatát és szerszámát (a kapillárist)!



3.8.1. ábra. A kapilláris

A folyamat: [3.7.1.ábra 13.oldal]

3.9 Ismertesse és ábrán is szemléltesse az ultrahangos kötés készítésének lépéseit, előnyeit és hátrányait a termokompressziós kötéssel szemben!

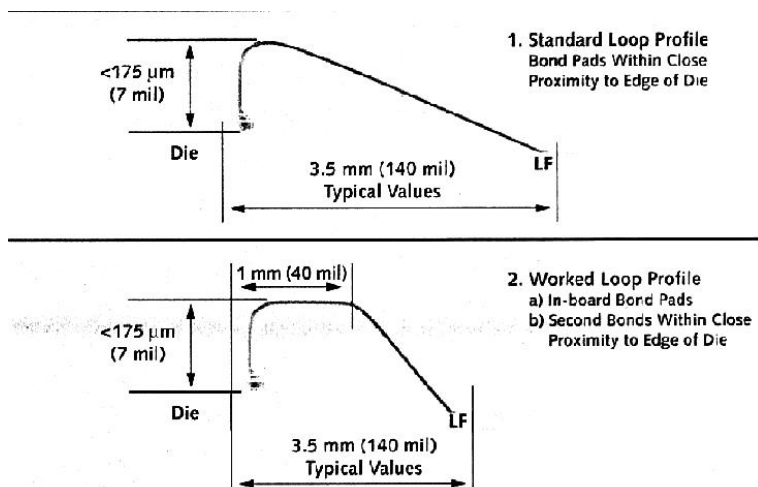


3.9.1. ábra. Ultrahangos kötés

- Kisebb hőterhelés,

- Kisebb mechanikai terhelés (nyomóerő),
- Al is lehet a huzal anyaga,
- Bonyolultabb technológia,

3.10 Soroljon fel példákat a mikrohuzalkötések alkalmazására, ismertesse és ábrán is szemléltesse a mikrohuzalkötések elhelyezésére és a hurok kialakítására vonatkozó követelményeket és lehetőségeket!

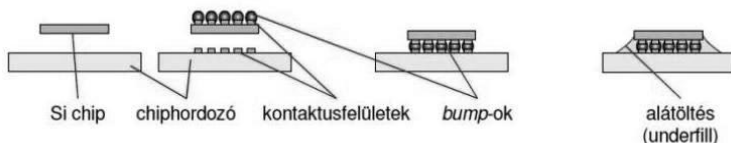


3.10.1. ábra. Hurok kialakítása

- Tokozatlan chippek bekötése a hordozóra (pl. kerámia hordozóra),
- Tokozott chippek belső (1. szintű) összeköttetései,

4 I2 – FLIP-CHIP TECHNOLOGIA. BUMP KÉSZÍTÉSI TECHNOLOGIÁK. BGA ÉS CSP ALKATRÉSZEK

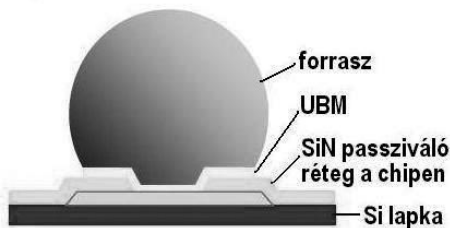
4.1 Ismertesse és ábrán is szemléltesse a flip-chip szerkezeti felépítését és röviden ismertesse technológiáját!



4.1.1. ábra. Flip-chip

A flip-chipek (hagyományos értelemben véve) tokozatlan IC-k. Ezeket a chipeket aktív felületükkel a hordozó felé (face down) ültetjük rá a szerezőlőlemezre. A chip kontaktus felületein (pad-jein) vezető anyagból készített bump-ok (dudorok) állnak ki.

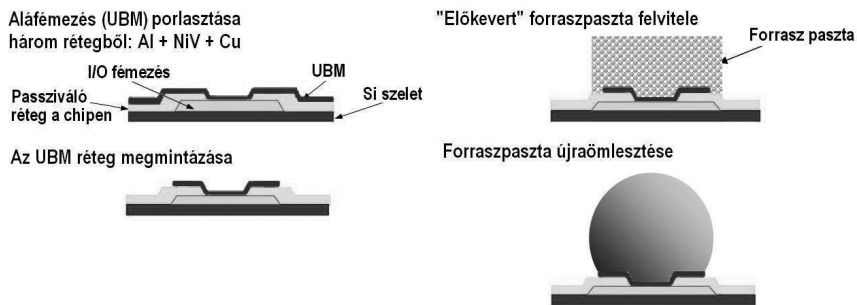
4.2 Ismertesse és ábrán is szemléltesse a flip-chipekben alkalmazott aláfémzési (UBM) technológiát!



4.2.1. ábra. UBM technológia

A tiszta Al és a Bump közti jobb mechanikai tulajdonságok érdekében köztes rétegeket alkalmaznak.

4.3 Ismertesse és ábrán is szemléltesse a forrasz-bumpolási technológia lépéseit és a forraszanyag felviteli lehetőségeit!



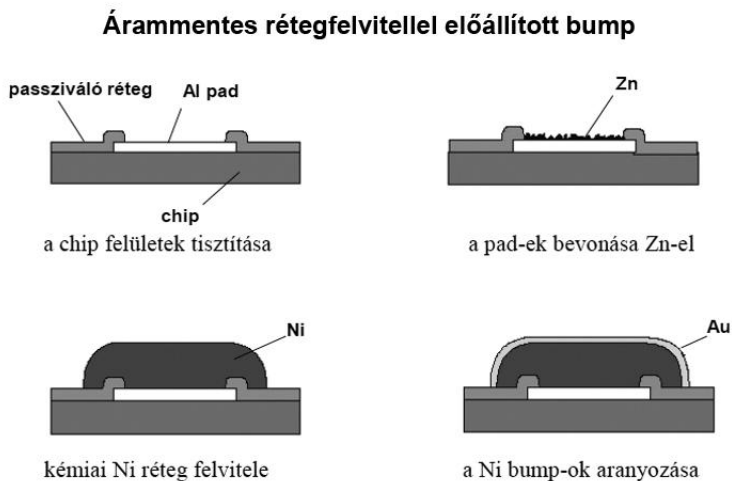
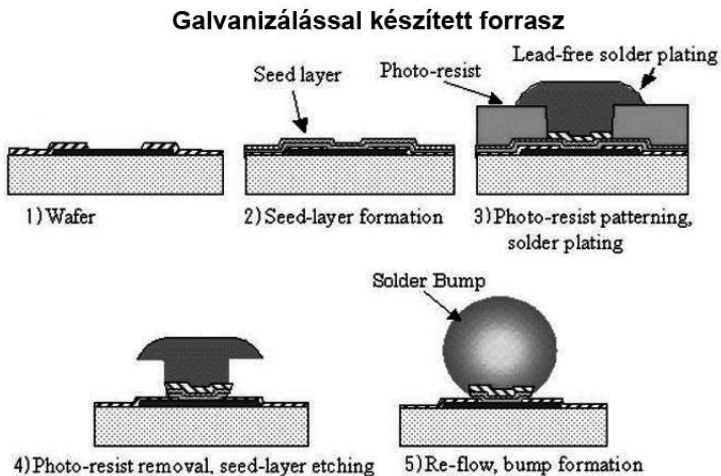
4.3.1. ábra. UBM technológia lépései

- tapadóréteg: az *Al*-hoz jól tapadó réteg ($Ti + W, Al\text{---}, Cr$),
- elválasztó réteg: az *Al* és az *Au* közötti diffúziót korlátozza ($W(+Ti), Ni, Ni(+V), Cu, Pd$),
- köthető réteg: *Ni/Au* bump galvanizálására, *Au* golyós kötés készítésére vagy forrasz bumphoz alkalmas réteg (*Au*, néha *Cu*),

Felviteli lehetőségek:

- Forraszpaszta diszpenzálás,
- Forrasz galvanizálás,
- Ultrahangos forraszgolyó beültetés,
- Mikrohuzalkötéssel,
- Transzfer eljárással (nem nedvesítő felületen súllyesztékeken keresztüli felvitel),

4.4 Ismertesse és ábrán is szemléltesse a galvanizálással és az árammentes fémekkel készített bumpok struktúráját, anyagait és technológia lépéseit!

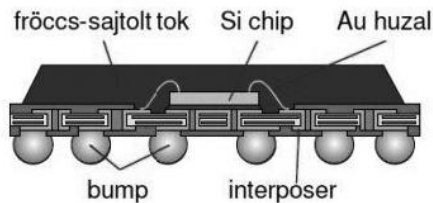


4.4.1. ábra. A galvanizálással és az árammentes fémekkel készített bumpok

4.5 Soroljon fel példákat és ábrán is szemléltesse a flip-chipek alkalmazási lehetőségeit!

- FC-BGA tokozás (normál BGA tokozás flip-chip-el),
- LGA tokozás (Bump-ok helyett réz pad-ek),
- CSP-FC tokozás ([4.7.1.ábra 20.oldal]),
- Szelet szintű CSP-FC ([4.7.1.ábra 20.oldal]),

4.6 Ismertesse és ábrán is szemléltesse a BGA tokozás szerkezeti felépítését és röviden ismertesse technológiáját!



4.6.1. ábra. BGA tokozás

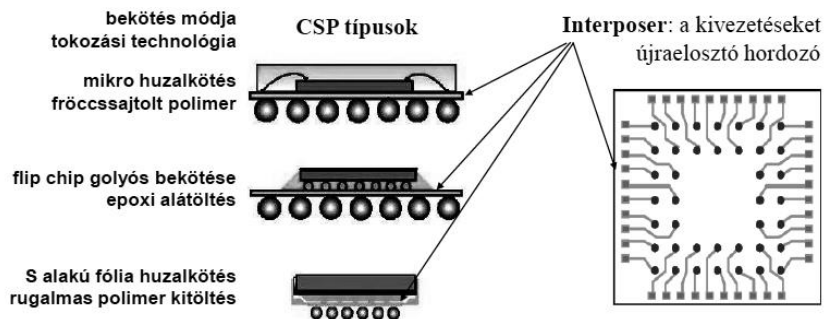
Ball Grid Array: A tok alján rács metszéspontjaiban helyezkednek el a kivezetések, melyeken bump-ok találhatóak.

4.7 Ismertesse és ábrán is szemléltesse a chip-méretű alkatrészek kialakítási formáit!

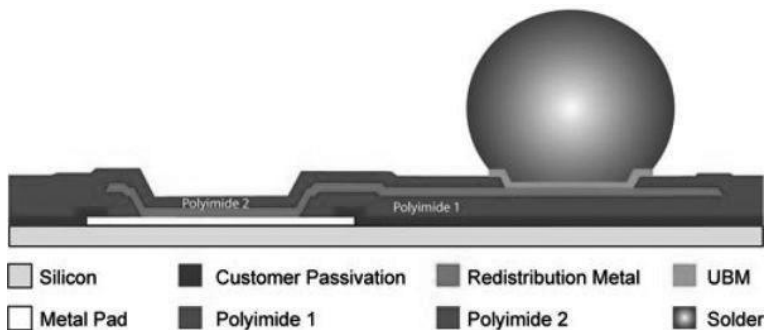
Interposer	Chip bekötése	CSP szerkezete
Hajlékony nyomtatott huzalozású lemez	TAB	
	Huzalkötés	
Merev nyomtatott huzalozású lemez	Flip chip	
	Huzalkötés	
Szalag-kivezető keret	TAB/Flip chip	
	Huzalkötés	
Wafer-level: Szelet-szintű szerelés	Rétegmintázat a chipen	
	Rétegmintázat a hodozón	

4.7.1. ábra. CSP formái

4.8 Ismertesse és ábrán is szemléltesse a BGA és a CSP tokozások újraelosztó vezetékezésének és a chip bekötésének változatait és a mikro-BGA újraelosztó vezetékezésének szerkezeti kialakítását!

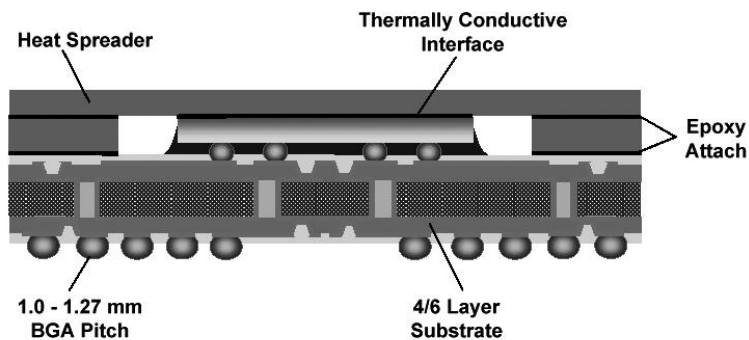


4.8.1. ábra. CSP tokozások újraelosztó vezetékezésének és a chip bekötésének változatai



4.8.2. ábra. mikro-BGA újraelosztó vezetékezése

4.9 Ismertesse és ábrán is szemléltesse a termikusan feljavított Flip-Chip BGA szerkezetét és röviden ismertesse technológiáját

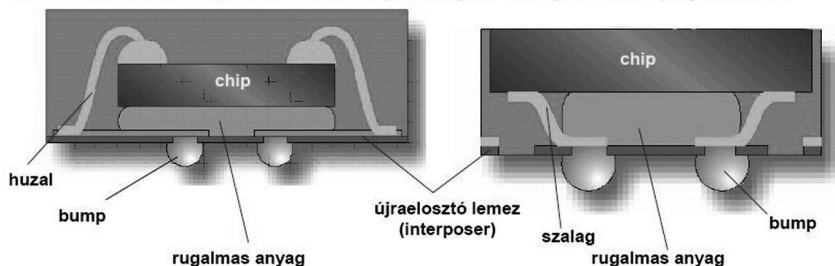


4.9.1. ábra. Termikusan feljavított Flip-Chip BGA

Az *interface* anyaga hővezető paszta/film, feladata a felületek termikus csatolása. A *heat spreader* anyaga jó hővezető fém (pl. *Cu*), feladata a keletkező hő nagyobb felületen való elosztása. További külső lehetőség az aktív hűtés.

4.10 Ismertesse és ábrán is szemléltesse a hőtágulási problémák csökkentésére rugalmas anyagokat és hajlékony vezetékeket alkalmazó BGA tokozás szerkezeti kialakítását!

A chipnek és az újraelosztó lemeznek igen eltérő a hőtágulási tényezője, a Si-é $3 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$, míg az nyh újraelosztó lemezé $15 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$. Ezért célszerű ha az ebből adódó deformációkat a köztük helyezett rugalmas anyag veszi fel



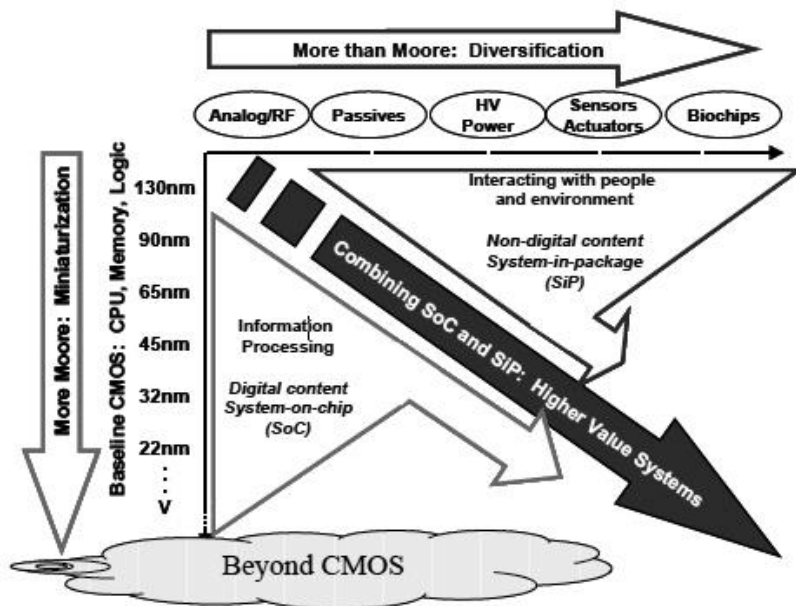
A chip bekötése chip-and-wire eljárással. A huzalkötés növeli a μBGA tok helyfoglalását. Hosszú bekötő-huzalokat kell alkalmazni.

A μBGA tok helyfoglalása csökkenthető ha a chipet megfordítjuk és azt vezető szalagokkal kötjük be az interposeren létrehozott ablakokon keresztül.

4.10.1. ábra. Rugalmas anyagokat és hajlékony vezetékeket alkalmazó BGA tokozás

5 I3 – CHIPEK 3D SZERELÉSI TECHNOLÓGIÁI. A TSV (THROUGH-SILICON-VIA) TECHNOLÓGIA

5.1 A mikroelektronika fejlődési irányai. Moore törvénye. More Moore, More than Moore (heterogén funkciók integrálása), Beyond CMOS. A 3D rendszerek fajtái: 3D szerelés, 3D integrálás.



5.1.1. ábra. A mikroelektronika fejlődési irányai

Moore törvénye: az integrált áramkörök összetettsége – a legalacsonyabb árú ilyen komponens figyelembe véve – körülbelül 18 hónapoként megduplázódik.

More Moore: Moore törvényének megfelelően a miniaturizáció a fejlődési irány.

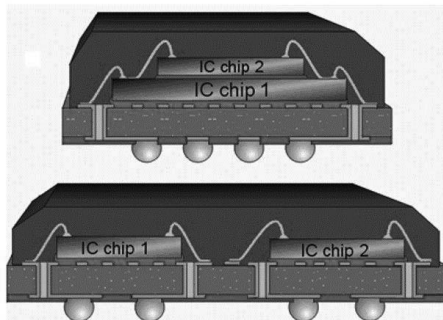
More than Moore: A fejlődési irány a heterogén funkciók integrálása (például analóg és digitális áramkörök egy lapkán).

Beyond CMOS: A CMOS technológia részbeni eldobása, és más irányú fejlesztése (pl. Nanotechnológia).

3D technológiák: Két alapvető fajtája a 3D szerelés (több *Si* lapkát egymásra szerelünk) és a 3D integrálás (A *Si* lapkát nem csak laterálisan hasz-

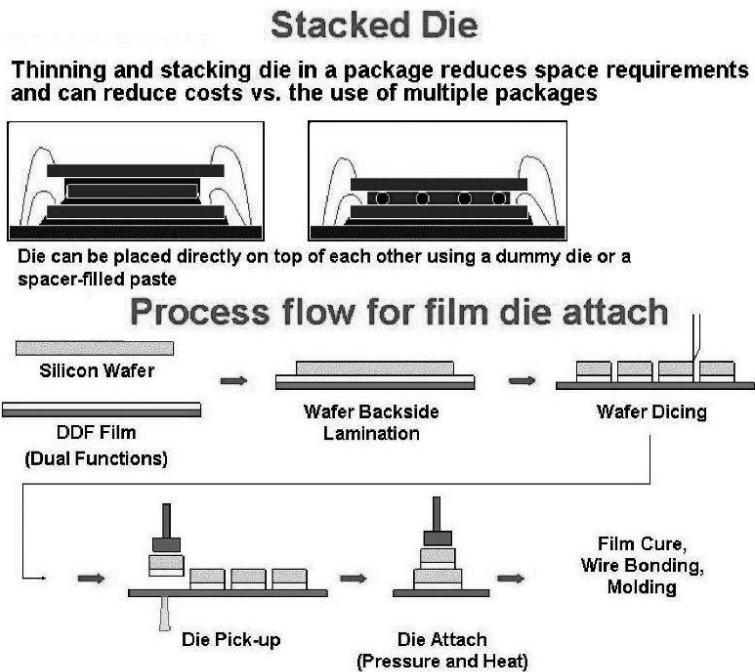
náljuk ki)

5.2 *A Package on Package, a 3D és a MCM szerelési technológia összehasonlítása.*



5.2.1. ábra. 3D és a MCM szerelési technológia

5.3 *Chipek egymásra szerelési és tokozási technológiái: az emeletes (stack) és a ragasztószalaggal kötegelt szerelési technológia lépései.*

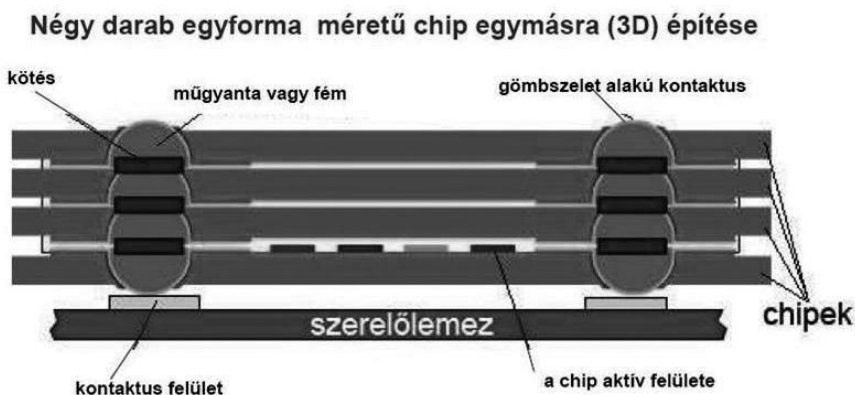


5.3.1. ábra. Az emeletes és a ragasztószalaggal kötegelt szerelési technológia

5.4 *Chipek egymásra szerelési és tokozási konstrukciói.*

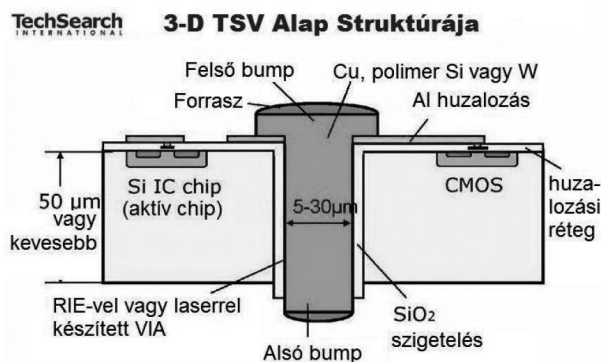
- Package on Package szerelés – külön hordozókon a chipek.
- Emeletes egymásra szerelt chipek BGA tokozással,
- Ragasztószalaggal kötegelt szerelés BGA tokozással,
- Viákon keresztül bumpokkal összekötött emeletes chipek,

5.5 *Chipek egymásra szerelése a szilícium szeleten átmenő bumpokkal (TSV).*



5.5.1. ábra. TSV

5.6 *A szilícium szeleten átmenő via szerkezeti ábrája, az egyes rétegek funkciói. A TSV technológia alkalmazásának előnyei.*

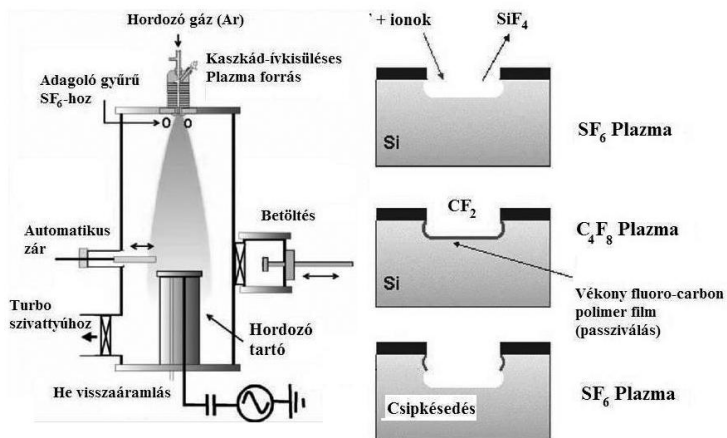


5.6.1. ábra. DRIE

- Kisebb jelút (kisebb ellenállás, kis helyigény, kis járulékos RC késleltetés, kis fogyasztás),
- Nagyobb integráltság (egyszerű interposer, több I/O kivezetés),

- o Jobb hővezetés,

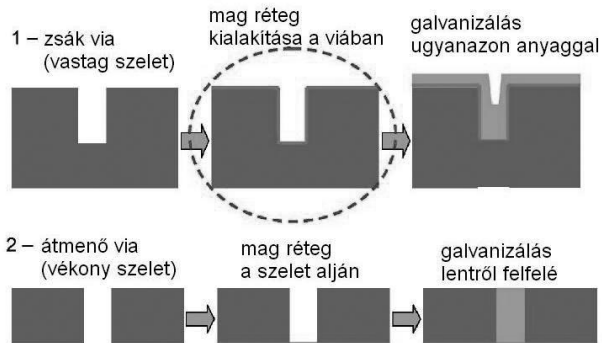
5.7 A szilícium szelet fúrása reaktív ionos maratással. A száraz marató felépítése. A szeletek darabolása reaktív ionos maratással.



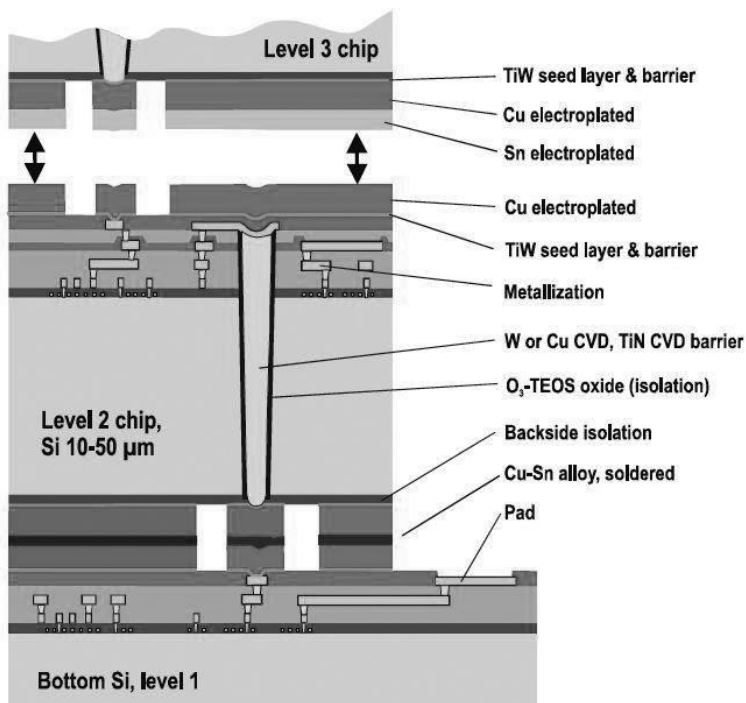
5.7.1. ábra. TSV

5.8 A szilícium furatának fémezési lehetőségei. Az ICV-SLID (Inter Chip Via - Solid Liquid Interdiffusion) technológia.

Feltöltött via készítése galvanizálással:



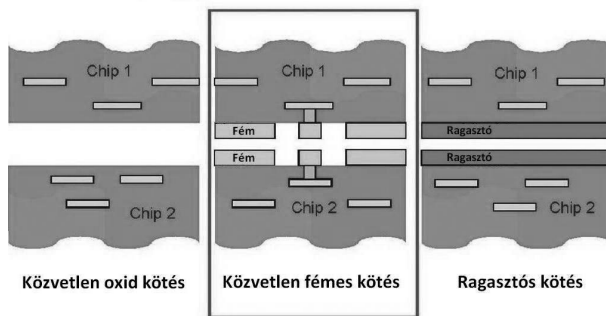
5.8.1. ábra. A szilícium furatának fémezési lehetőségei



5.8.2. ábra. ICV-SLID

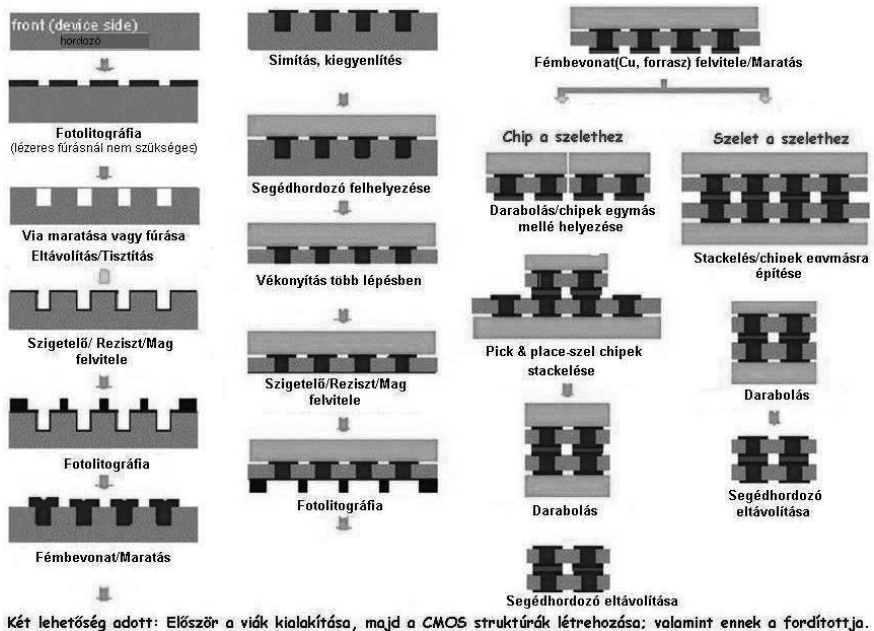
5.9 A szeletek összekötési technológiái.

Szilícium szeletek kötése a 3D IC-kben



5.9.1. ábra. A szeletek összekötési technológiái

5.10 A szilícium szeleten átmenő via (TSV) teljes technológiai rendszere.



5.10.1. ábra. A TSV teljes technológiai rendszere

6 K1 – A RAJZOLATKIALAKÍTÁS TERVEZÉSI IRÁNYELVEI

6.1 Ismertesse a nyomtatott huzalozású hordozók mintázatának kialakítási alapelveit, ismertesse a szerelhetőre tervezés alapjait!

Mintázatának kialakítási alapelvek:

- Az alkatrész forraszemek, 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, többretegűnél a belső rétegek táp-föld fólia kialakítása.
- Indokolatlan nagy, összefüggő felületek kerülendők (forrasztáskor hőelvonók).

- A huzalozás tervezésénél az éles sarkok, csúcsok kerülendők.

Szerelhetőre tervezés alapelvei:

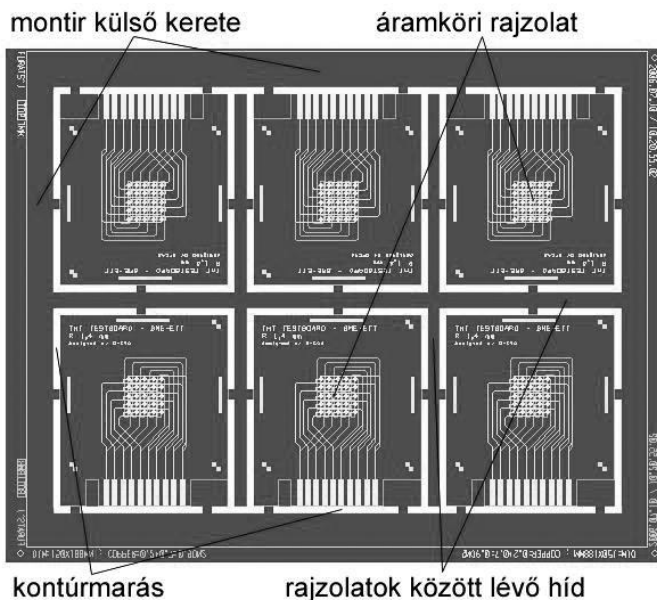
- Csökkentsük az alkatrészek számát a funkciók integrálásával.
- Ne temessünk el fontos alkatrészeket (IC-eket).
- Az alkatrészek közé tervezzünk elegendő távolságot, azért, hogy könnyen be lehessen ültetni. (Főleg kéziszerelés esetén)
- A szerelést végző berendezések között szállítószalagok továbbítják 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 (rövidzár, forraszgátó képződés).

6.2 Részletesen mutasson be rajzokkal egy furatszerelésre alkalmas 4 rétegű szerelőlemez felépítését!



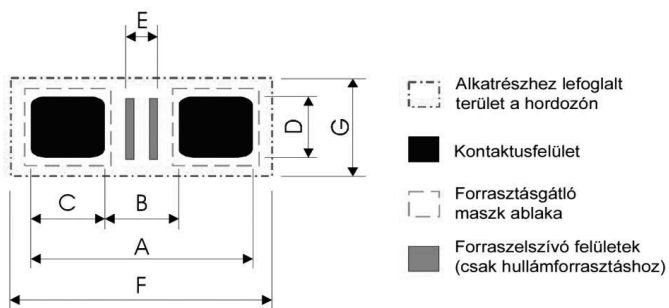
6.2.1. ábra. 4 rétegű szerelőlemez

6.3 Mutasson be rajzzal részletezve egy montírozott áramkört.



6.3.1. ábra. Montírozott áramkör

6.4 Mutasson be rajzzal részletezve egy felületszerelt, chipméretű diszk-rét passzív alkatrészhez alkalmas szerelőlemez-rajzolatot!



6.4.1. ábra. Szerelőlemez rajzolat

6.5 Ismertesse az illesztést segítő ábrák (fiducial) tervezési irányelveit!

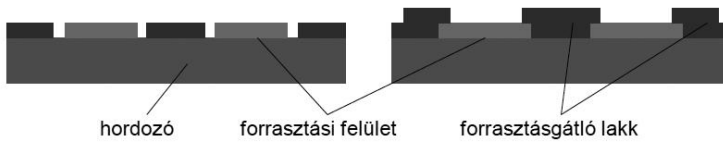
Lokális segédábrák (local fiducials):

- Lokális segédábrákat kell alkalmazni azoknál az IC-knél, amelyeknek raster-osztása kevesebb, mint $0.63mm$.
- Legalább két segédábrát kell alkalmazni az alkatrész két áttellenes sarkában.
- A segédábra minimális átmérője $1mm$, toleranciája $25\mu m$.
- A forrasztásgátló maradékgyűrű ajánlott átmérője a segédábra átmérőjének a kétszerese, minimum $2mm$.
- A maradékgyűrű alatt a belső rétegeken lévő huzalozás megzavarhatja a pozicionálást, mert az is látható a kamerával.

Globális segédábrák:

- Legalább három globális segédábra alkalmazása ajánlott, a hordozó lehet. legtávolabbi pontjain, annak érdekében, hogy korrigálva legyen az összes nemlineáris torzulás (X-Y nyúlás, X-Y méreteltérés, csavarodás).
- A hordozó mindkét oldalára szükséges segédábra, amennyiben az áramkör kétoldalas.
- A globális segédábrák legalább $5mm$ -re legyenek a hordozó szélétől.
- A segédábra minimális átmérője $1mm$, toleranciája $25\mu m$, a maximális átmérője $3mm$.
- A forrasztásgátló maradékgyűrű minimális átmérője a segédábra átmérőjének a kétszerese, ajánlott a segédábra átmérőjének háromszorosa.
- A maradékgyűrű alatt a belső rétegeken levő huzalozás megzavarhatja a pozicionálást, mert az is látható a kamerával.

6.6 *Ismertesse az SMD (Solder Mask Defined) és az NSMD (Non Solder Mask Defined) forrasztásgátló kialakítási módokat!*



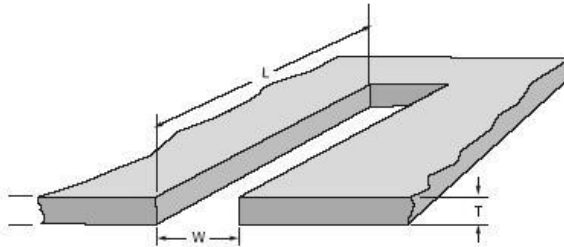
6.6.1. ábra. SMD és NSMD forrasztásgátló kialakítás

7 K2 – SZERELÉSI TECHNOLÓGIÁK: STENCILNYOMTATÁS, SZITA-
NYOMTATÁS

7.1 *Ismertesse a három legelterjedtebb stencilkészítési technológiát!*

- Kémiai maratás: Tiszta felületű fémre két oldalról fotorezisztet viszünk fel, majd ezen keresztül marjuk a fémet (homokóra keresztmetszet – olcsó).
- Lézerrel vágott: Trapéz alakú keresztmetszet, a hordozó oldal felől vágják.
- Galvanoplasztika: Fém hordozóra fotorezisztet viszünk fel, majd a leoldott területre fémet galvanizálunk.

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



7.2.1. ábra. Apertúra paraméterei

- Redukció: *Ni/Au*, *ImAg*, *LF/HASL* esetén 10% redukcióval kell számolni. *ImSn* és *OSP* esetén nincs redukció.

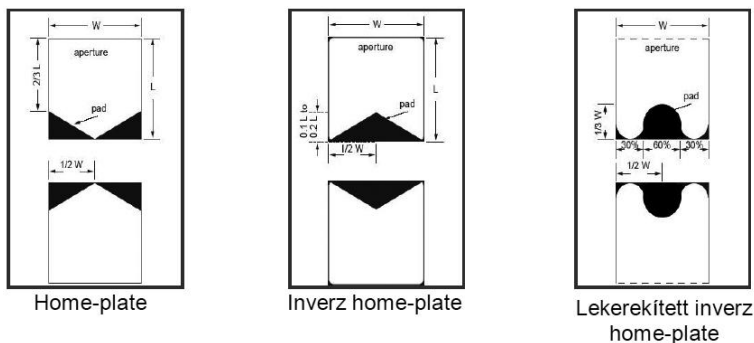
○

$$AS = \frac{W}{T} > 1.5$$

$$AR = \frac{WL}{2(W + L)T} > 0.66$$

- PBGA : Pad átmérővel egyező élhosszúságú apertúra. CBGA : Túlnyomtatás szükséges, Minimum híd $1.2T$

7.3 Ismertesse a forraszgolyó képződés hibamechanizmusát es mutasson be apertúraterveket ennek kiküszöbölésére!



7.3.1. ábra. Apertúratervek

Legfőbb hibamechanizmusa: a forraszpasztta – beültetés után – az alkatrész alól a forrasztásgátló lakkrétegre kerülve ott ömlik meg. További lehetőség, amikor a folyasztószer felforr és a megolvadt forraszt szétfröccsen.

7.4 Határozza meg a stencilfólia megfelelő vastagságát 0.4mm raszterosztású, QFP tokozású alkatrészhez. (forrasztási felület mérete $200 \times 1000 \mu m$ es nincs apertúra redukció)!

$$\frac{200}{T} > 1.5 \quad \text{és} \quad \frac{200 \cdot 1000}{2(200 + 1000)T} > 0.66$$

$$T_1 = 133 \mu m \quad \text{és} \quad T_2 = 126 \mu m$$

A két érték közül a kisebbet kell választani (lefelé kell kerekíteni a legközelebbi gyártott értékhez). A megoldás $125 \mu m$.

7.5 Ismertesse a főbb stencilnyomtatási paramétereket es azok jellemző értékeit! Mutassa be az oszlopos es a dombormaratos alátámasztási rendszert!

Főbb paraméterek:

- Sebesség ($30 - 200 mm/s$),
- Késerő ($30-120N$),

- Elválasztási sebesség (0.5-6mm/s),

Alátámasztási rendszerek:

- Oszlopos: Amit ET/TFM laboron láthattunk – az NyHL alatt a fontosabb pontokon, lehetőleg egyenletesen vákuum-os alátámasztások vannak (olcsó).
- Dombormaratott: Az alkatrészek számára az alátámasztó lemezbe mélyedéseket marunk. Kétoldalas lemez második stencilnyomtatásánál szükséges ez (jobb alátámasztás, drágább).

7.6 *Ismertesse a jellemző stencilnyomtatási hibákat és azok kiküszöbölési módjait!*

- Forraszpasztta eltömíti az apertúrát – Nyitott kötés:
 - Gyakoribb stenciltisztítás szükséges,
 - Nem megfelelő az illeszkedés a hordozó és a stencil között,
 - Nincs megfelelően beállítva a hordozó magassága,
 - Nem megfelelő a hordozó alátámasztása,
- Paszta a stencil alá száradt – rövidzárat okozhat:
 - Gyakoribb stenciltisztítás szükséges,
 - Nem megfelelő az illeszkedés a hordozó és a stencil között,
- 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,

- 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,
- Részleges paszta lenyomat – nyitott kötést okozhat
 - A hordozó szennyezett, rosszabbul tapad a paszta a kontaktusfelülethez,

8 K3 – ALKATRÉSZEK BEÜLTETÉSE. A FORRASZTÁS ALAPJAI.

8.1 Ismertessen tipikus alkatrész-beültetési hibákat!

- Alkatrész leesik a pipettáról,
- Forgatási hiba,
- Pozíció hiba,
- Rossz polaritás,

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

Az ismételhetőség a mérőeszközre vonatkozik, míg a reprodukálhatóság a mérőszemélyekre. Ezért a vizsgálatot több mintán, több mérőszeméllyel és többszöri méréssel végezzük el. Ennek eredményét:

$$R\&R = \frac{\sigma_{\text{mérés}}^2 = \sigma_{\text{reprod}}^2 + \sigma_{\text{ism}}^2}{\sigma_{\text{teljes}}^2 = \sigma_{\text{alkatrész}}^2 + \sigma_{\text{mérés}}^2} \cdot 100\%$$

egyenlettel értékeljük, mely szerint a vizsgálat elfogadható ha az $R\&R < 10\%$.

8.3 Ismertesse a beültetőgépek beültetési hibájának meghatározására szolgáló globális és lokális mérési elvet!

- Globális mérés: a lemez négy sarkán lévő fiduciális ponthoz mérik az alkatrészek sarkait koordináta mérő berendezéssel. A mérés hátránya, hogy a mérőrendszer hibája beleszól az eredményekbe.

- Lokális mérés: minden egyes alkatrészhez tartozó pad-ek köré terveznek fiduciális jelet, és ahhoz mérik az alkatrészek sarkait. Ebben az esetben a mérőrendszer hibája elhanyagolható (ilyen látótérrel $1\mu m$ -es nagyságrendbe esik a mikroszkóppal készült kép felbontása), viszont belejátszik a lemez rajzolatának pontatlansága – pl. az alkatrészt jó helyre tette a beültető, csak a footprint a fiduciális jelekkel lóg ki alóla, mert nem volt pontos a rajzolatkészítés.

8.4 *Ismertesse a folyamatképességi index és a korrigált folyamatképességi index meghatározására szolgáló összefüggést!*

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

$$C_{pk} = \frac{\min \{USL - \mu, \mu - LSL\}}{k\sigma}$$

Ahol LSL és USL az alsó és felső elfogadási határ, μ a minták várható értéke σ a szórása. k értéke 3 gépképesség, 4 folyamatképesség esetén

8.5 *Beültetőgép mérésénél a 0603-as ellenállások átlagos pozícióhibája $30\mu m$, szórása $25\mu m$. Határozza meg a beültetőgép korrigált képesség mutatóját!*

Az elfogadási határt chip méretű alkatrészek esetén a T(arget)-hez képest a rövidebbik oldal negyede, tehát:

$$C_{pk} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} = \frac{187\mu m - 30\mu m}{75\mu m} = 2.09$$

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

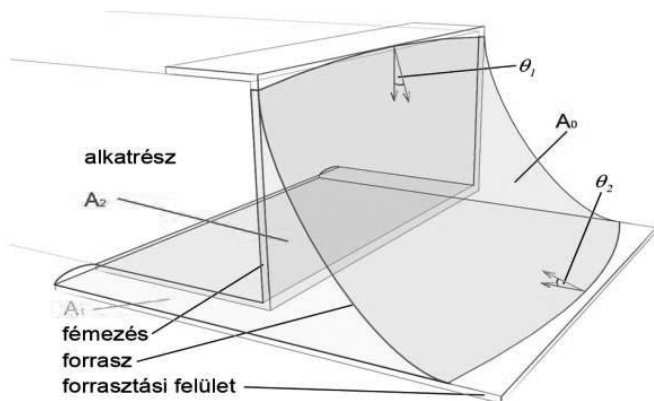
$$E = E_{\text{felületi fesz.}} + E_{\text{grav.}}$$

$$\gamma_{SG} = \gamma_{LG} \cos \Theta + \gamma_{SL} \quad (\text{Solid, Liquid, Gas})$$

$$E_S = \iint_{A_{\text{meniskusz}}} \gamma \, dA + \iint_{A_{\text{forrasz-pad}}} -\gamma \cos \Theta_{\text{alkatr-menisz.}} \, dA +$$

$$+ \iint_{A_{\text{forrasz-alkatr.}}} -\gamma \cos \Theta_{\text{pad-menisz.}} \, dA$$

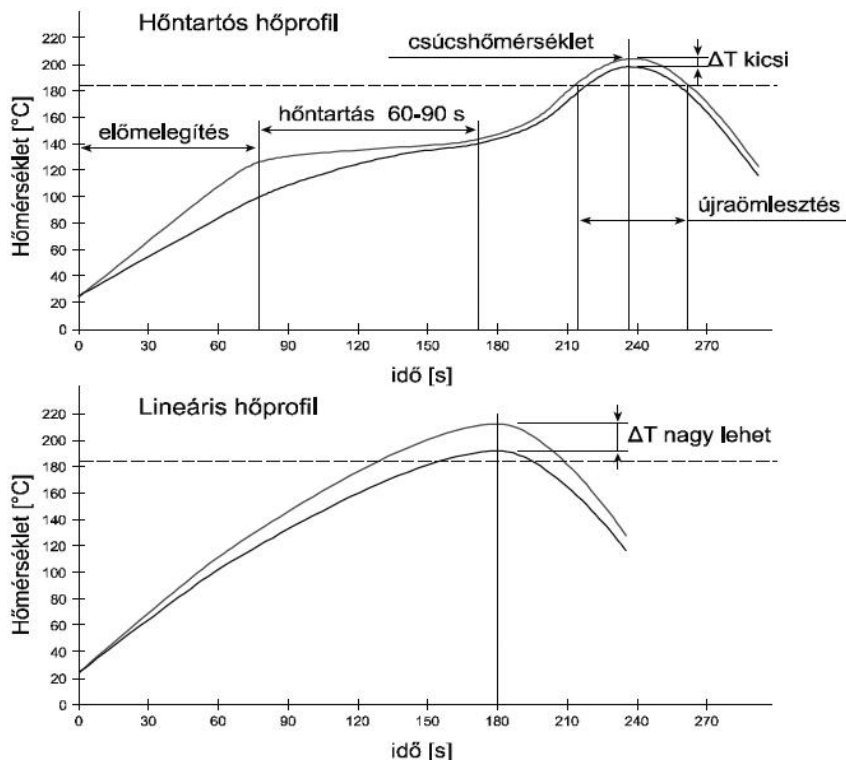
$$E_{\text{grav.}} = \iiint_V \rho g z \, dV$$



8.6.1. ábra. Forraszprofil alakja

9 K4 – ÚJRAÖMLESZTÉSES FORRASZTÁS, HULLÁMFORRASZTÁS, SZELEKTÍV FORRASZTÁS

9.1 Ismertesse a hőntartós es a lineáris hőprofil, azok tulajdonságait, előnyeit, hátrányait! Számolja ki a $Q\eta$ tényezőt, ha az olvadáspont felett töltött idő 60s, a forrasz olvadáspontja 220°C , a csúcshőmérséklet 240°C , a fűtési gradiens 2, míg a hűtési gradiens 4°C !



9.1.1. ábra. Hőntartós es a lineáris hőprofil

- Hőntartós hőprofil:
 - Nagyobb időtartam,
 - Kicsi a csúcshőmérséklet különbség az alkatrészek közt,
- Lineáris hőprofil:

- Kisebb időtartam,
- Nagyobb a csúcshőmérséklet különbség az alkatrészek közt,

$$Q_{\eta} = \int_{t_1}^{t_2} T(t) - T_{\text{olv.}} dt = \frac{a + c}{2} m = \frac{60 + 45}{2} 20 = 1050 \text{ s}^{\circ}\text{C}$$

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

○ Melegítés:

- lassú – paszta megrogyik (slump) – rövidzárat okozhat,
- gyors – a folyasztószer felforr – apró forraszgöngyök jelennek meg (beading).

○ Hőntartás:

- alacsony – folyasztószer nem tisztítja a kontaktusfelületet – rossz nedvesítés,
- magas – a forraszpasztát jobban oxidálódik – rossz nedvesítés,
- rövid – nagy lehet a hőmérséklet-különbség az alkatrészek között a csúcshőmérsékleti szakaszon – hideg kötés,
- hosszú – hosszabb ciklusidő, kisebb termelékenység, forraszpasztát jobban oxidálódik – rossz nedvesítés.

○ Csúcshőmérséklet:

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

MSL – Moisture Sensitivity Level: Meghatározza, hogy a kibontás után mennyi időn belül kell beforrasztani az alkatrészeket; be nem tartása delaminációt és törést okozhat a tokban.

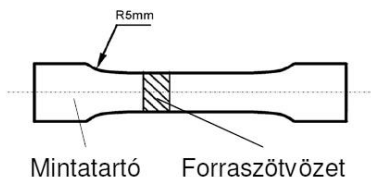
9.3 *Ismertesse a hőprofil mérésére szolgáló eszközöket! Hogyan érdemes rögzíteni a hőelemeket a BGA tokozású alkatrészek kivezetéseire?*

- Hőprofil mérése a reflow kemencében:
 - Hőelem,
 - Adatrögzítő,
 - Feldolgozó szoftver.
- BGA alkatrészek mérésére két lehetőség:
 - Bumpok közti hőelemek alkalmazása (pontatlan, egyszerű)
 - Bumpokban a hőelem (pontos, bonyolult).

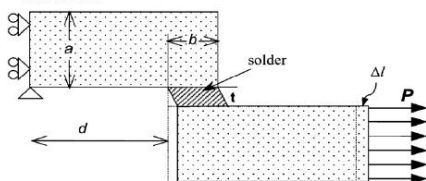
9.4 Ismertesse a tömbi forraszok és a forrasztott kötések mechanikai minősítésére szolgáló módszereket! Mikor lehetséges a passzív diszkrét alkatrészek forrasztott kötéseinél szakítószilárdság mérése?

Forraszötvözetek mechanikai vizsgálatai

Tömbi forrasz szakító szilárdságának mérése

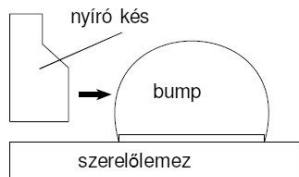


Forrasz nyírási szilárdságának mérése

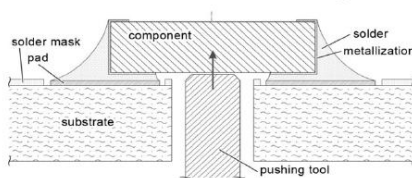


Forrasztott kötések mechanikai minősítése

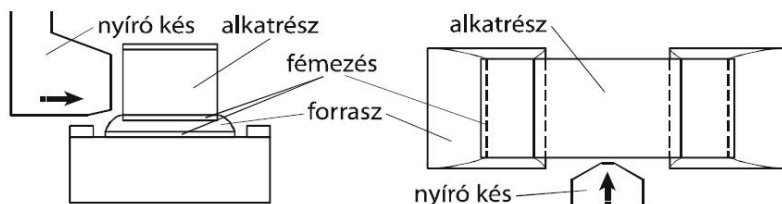
BGA forraszgolyók nyírási szilárdsága



Passzív chip alkatrész forrasztott kötéseinek szakító szilárdsága



Passzív chip alkatrész forrasztott kötéseinek nyírása szilárdsága



9.4.1. ábra. Forraszok és a forrasztott kötések mechanikai minősítése

Csak különlegesen kialakított szerelőlemezen lehet mérni diszkrét alkatrészek forrasztott kötéseinél szakítószilárdságot (hiszen alulról kell erőt kifejteni az alkatrésze).

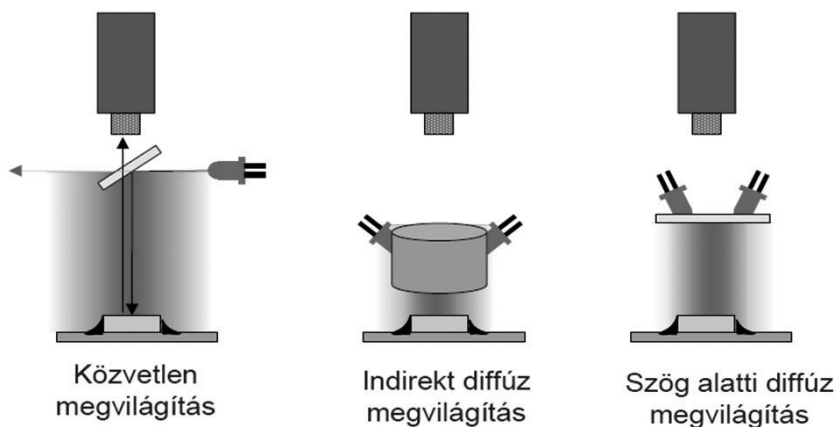
9.5 Ismertesse a szelektív hullámforrasztási hibákat (keretes, bélyeges, kéményes)! Mi a keretes hullámforrasztás jellemző hibája?

- Keretes szelektív hullámforrasztás: Forrasz és folyasztószer visszamaradás az ablakok éleinél,
- Bélyeges forrasztás: Közeli kivezetések rövidzárjai,
- Kéményes szelektív hullámforrasztás (minihullám): Kettős tűkesor utolsó párjánál rövidzár,

10 K5 – ELLENŐRZŐ BERENDEZÉSEK (AOI, X-RAY, ICT)

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

Objektív eredményeket szolgáltató, a digitális gépi látás és képfeldolgozás módszereit alkalmazó, szerelt és szereletlen nyomtatott huzalozású lemezek automatizált optikai ellenőrzése.



10.1.1. ábra. Megvilágítás módjai

Kamerarendszer jellemzői:

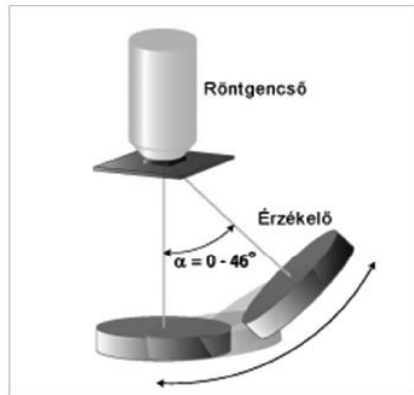
- Felbontás,

- Látótér mérete,
- Áteresztőképesség (az előző kettő határozza meg),

10.2 Ismertesse a transzmissziós röntgengép működési elvét. Milyen hibák detektálhatók transzmissziós röntgengéppel? Mire kell ügyelni a BGA tokozású alkatrész kötéseiben lévő zárványok ellenőrzésénél?



Tárgyat forgatják



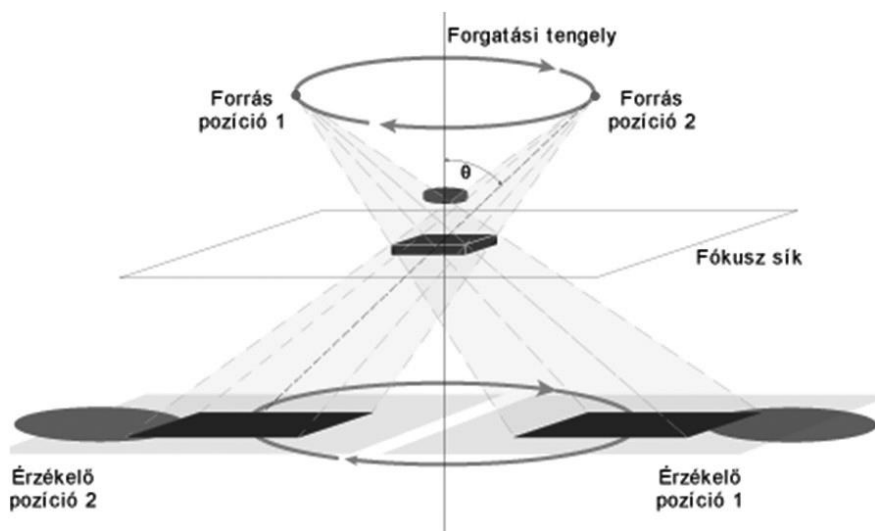
Érzékelőt mozgatják

10.2.1. ábra. Transzmissziós röntgengép működési elve

Detektálható hibák:

- BGA tokozású alkatrészek kötéseinek ellenőrzése: 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.

10.3 Ismertesse a laminográfiás és a tomográfiás röntgen működési elvét.



10.3.1. ábra. Laminográfiás röntgengép működési elve

Tomográfiás röntgen: A tomográfiai elrendezésben a minta forgatására kerül sor. A forgatás során több száz projekció készül a mintáról. Majd egy számítógép segítségével készül el a rekonstruált keresztmetszeti képek, szeletek sorozata. A szeleteket egymásra helyezve állíthatjuk elő a minta 3D képét. (legdrágább)

10.4 Hogyan ellenőrizhető a Pin-in-paste technológia esetén a stencil-nyomtatás után forraszpasztá furatkitöltés felülnézeti röntgenképek alapján?

1. A röntgenberendezés átviteli karakterisztikájának mérése:

- Szerelőlemez gyártása: 1.5mm vastag FR4 hordozó, zsákfuratok mélységváltozással,
- Furatok kitöltése forraszpasztával,
- Felülnézeti röntgenkép készítése a forraszpasztával kitöltött furatokról,
- Szürkeárnyalati karakterisztika meghatározása

2. Átlagos szürkeárnyalati érték meghatározása,
3. Karakterisztikáról leolvassuk a kitöltési mélységet.

11 S1 – A MODELLEZÉS ÉS SZIMULÁCIÓ ALAPJAI.

11.1 *Adja meg a modell és a modellezés fogalmát!*

A modell egy tetszőleges entitás egyszerűsített formája (alakja). A modell az entitás vizsgálni kívánt jellegét tartalmazza – és csak azt tartalmazza – olyan formában, amely az adott eszközeinkkel, az adott szempontból vizsgálható. A modellezés az absztrakció folyamata.

- a modell egy adott feladat megoldására és egy adott cél elérésére alkalmas,
- a modell az entitás egyszerűsítése,
- az entitás tetszőleges, akár nemlétező is lehet.

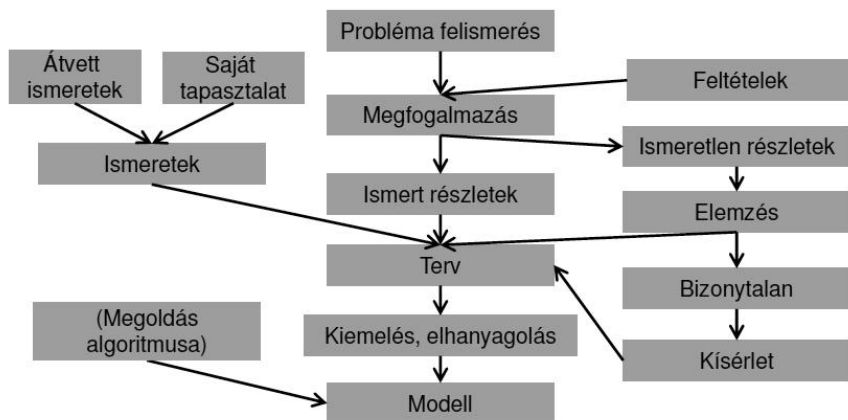
11.2 *Modellek csoportosítása funkció szerint: soroljon fel legalább öt, különböző funkciójú modellezési feladatot! (az elektronikai technológia területéről)*

- Működésének, felépítésének szemléltetése,
- megtervezése és szintézise,
- paramétereinek hatásának vizsgálata,
- működésével kapcsolatos probléma megoldása,
- működésének optimalizálása,
- megvalósíthatóságának vizsgálata

11.3 *Adja meg a matematikai modell fogalmát!*

A vizsgált rendszerben lejátszódó jelenség, folyamat, a vizsgálat szempontjából lényeges tulajdonságai közötti összefüggések matematikai megfogalmazása. A matematika szimbólum rendszerén keresztül teremt kapcsolatot a vizsgált rendszer be- és kimenő jellemzői között (objektumok és relációk összessége).

11.4 Adjon sémát egy valós probléma modelljének létrehozására!



11.4.1. ábra. Modell előállításának (egy lehetséges) sémája

11.5 Sorolja fel, és ismertesse röviden az elektronikai technológia területén előforduló legfontosabb modellezési feladatokat!

- Mechanikai
- Termikus – működési tartomány meghatározása.
- Termomechanikus – hőtágulással együtt járó mechanikai feszültségek szimulációja.
- Fáradás – folyamatos mechanikai terhelés szimulációja.
- Áramköri – működés szimulációja.
- Elektromágneses – EMC szimuláció.
- Megbízhatósági – várható élettartam meghatározása.

11.6 Fogalmazza meg az áramköri szimuláció szerepét!

- Áramkör vizsgálata megépítés előtt:
 - áramkör felépítése,

- alkatrészek kiválasztása.
- áramkör vizsgálata különböző körülmények között:
 - hőmérséklet,
 - tolerancia,
 - frekvencia (nagy frekvenciás áramkörök esetén a szerelőlemez kialakítása),
 - zaj.

11.7 Fogalmazza meg a mechanikai szimuláció szerepét!

A kezdeti- és peremfeltételek ismeretében a rendszerben előforduló feszültségek és deformációk számítása, melyek okozhatnak:

- Nagy behatás esetén azonnali törést,
- magas hőmérsékleten kúszást,
- ismételt igénybevétel esetén fáradást.

A feszültség forrása lehet:

- Külső,
- belső – hirtelen hőmérsékletváltozás (hőtágulásból származó).

11.8 Milyen tényezők befolyásolják az anyagok hőtágulása miatt kialakuló belső feszültség mértékét?

- a hőtágulási tényezők illesztlensége,
- anyagok mechanikai paraméterei,
- geometriai méretek,
- alkatrészek kialakításának módja,
- hőmérséklet,
- hőmérsékleti gradiens.

11.9 Fogalmazza meg az EMC szimulációk szerepét! Miért van kiemelt szerepe a modellezésnek ezen a területen?

Minden készülék/alkatrész egyben gerjesztője, egyben elviselője az elektromágneses zavarkörnyezetnek. Akkor kompatibilis az elektronikus készülék elektromágneses szempontból a környezetével, ha az általa kibocsátott zavar megfelelően kicsi és az immunitása nagy.

A növekvő energiaigény (növekvő emisszió) és csökkenő méretek (csökkenő immunitás) miatt a kompatibilitási sáv egyre kisebb, így egyre pontosabb szimulációkra van szükség a tervezés során.

11.10 Sorolja fel a megbízhatósági modellezés céljait!

- olyan modell létrehozása, melynek segítségével megkapjuk egy rendszer (készülék, egység, áramkör) megbízhatósági függvényét (várható élettartamát) az elemek megbízhatóságának (megbízhatósági függvényének) ismeretében.
- az egyes elemek élettartamának összevetése a teljes rendszer élettartamával,
- hibamód és hibahatás analízis – alkatrészek és részegységek meghibásodása milyen hatással van a rendszer meghibásodására.
- karbantartási analízis – a felmerülő hibák és javításuk szimulációja.

12 S2 – HATÉKONY MODELLEZŐ ESZKÖZÖK BEMUTATÁSA: COM-SOL, SIMULINK, STB.

12.1 Soroljon fel néhány, az elektronikai technológiában használatos szimulációs programot! Milyen két nagy csoportra lehet osztani ezeket a programokat?

- Specifikus:
 - Áramköri – Spice,
 - Mechanikai (fáradás) – Algor,
 - Elektromágneses – Sonnet, CST,
 - Megbízhatósági – Relex,
 - Termikus – FloTHERM,
- Univerzális:

- Comsol,
- MATLAB-Simulink,
- Abaqus,
- Ansys,

12.2 *Milyen gyakorlati probléma nyomán jöttek létre az általános megoldóprogramok?*

A (parciális) differenciálegyenletek megoldásához sokféle módszer létezik, azonban a konkrét feladatok megoldása időigényes. A megoldás folyamata azonban mindig azonos:

1. vizsgált geometria megadása,
2. kezdeti- és peremfeltételek megadása,
3. egyenletek megoldása,
4. kiértékelés.

A megoldás szempontjából időigényes részletek automatizálásával (egyenletek megoldása), a gyakorlat szempontjából hatékony eszközök nyerhetők.

12.3 *Milyen fő jellemzőket várunk el a gyakorlati feladatokra hatékonyan használható modellező eszközöktől?*

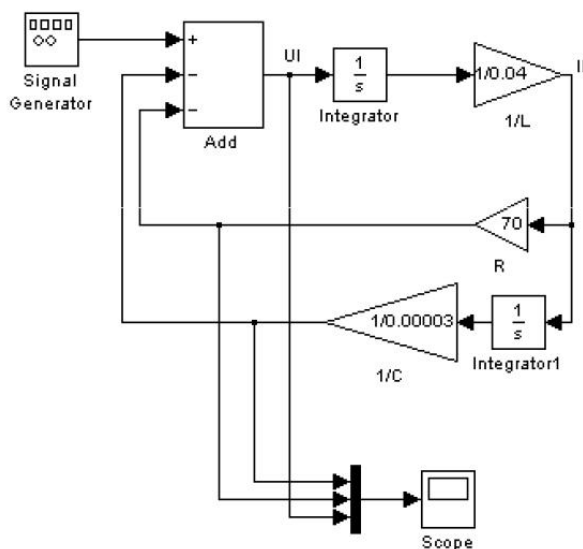
- GUI (script lehetőség),
- strukturálatlan, adaptív rácsgenerálás,
- vizsgálandó geometria egyszerű megadása,
- kezdeti- és peremfeltételek, paraméterek egyszerű megadása,
- a differenciálegyenletek megadása mellett megjelennek az „alkalmazási módok” (application mode),
- csatolt problémák kezelése,
- anyagparaméterek megadása saját függvényekkel,
- egyenlet alapú modellezés egyszerű kezelése,

12.4 A megoldható feladatokat tekintve mi a legfontosabb különbség a Comsol Multiphysics és a Simulink programok között?

A Simulink koncentrált, a Comsol elosztott paraméterű modellező eszköz.

12.5 Rajzolja fel egy párhuzamos RLC áramkör Simulink modelljét! A gerjesztés feszültséggenerátoros, a használható elemek: integráló, összeadó, szorzó, generátor.

Megj.: Ennek így nincs értelme, szóval a jegyzetben található soros RLC modelljét teszem ide.



12.5.1. ábra. soros RLC modell

13 S3 – REFLOW KEMENCE TERMIKUS MODELLEZÉSE. TÖBBRÉTEGŰ NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZ MECHANIKAI VIZSGÁLATA

13.1 Sorolja fel a hőterjedés formáit, írja le röviden ezek jellemzőit!

- Hővezetés – a közeget alkotó részecskék elmozdulása nem számottevő, illetve rendezetlen (hőmozgás, diffúzió, elemi hullámok).
- Hőszállítás – a közeget alkotó részecskék rendezett elmozdulásával valósul meg (áramlás, vezetés).
- Hősugárzás – az energia térbeli terjedésének elektromágneses hullámok formájában megvalósuló folyamata.

13.2 Mi a fázisátalakulások közös jellemzője? Miért jelent ez a jellemző problémát termikus szimulációk során?

A forrasztás során a forraszfém fázisátalakulása következik be. Az átalakulás jellemzői:

- eutektikus fázisátalakulás történik (ötvözetek esetén a legegyszerűbben kezelhető),
- számos fizikai jellemző ugrásszerűen megváltozik (nehezen kezelhető szimulációk során),

13.3 Hogyan lehet meghatározni a reflow kemencében kialakuló hőleadási tényezőket? Mi az egyes megoldások előnye, illetve hátránya?

- szimulációval – olcsó, gyors, de kevésbé pontos, mint a valódi mérés,
- méréssel – pontos, de speciális műszerek kelhetnek, nem biztos, hogy kifizetődő.

13.4 Milyen megoldásokkal lehet kiküszöbölni az újraömllesztéses forrasztás során kialakuló termikus inhomogenitásokat? Milyen hátrányokkal járnak ezek a megoldások?

- növeljük a csúcshőmérsékletet – egyes alkatrészek esetleg nem bírják ki ezt a hőmérsékletet.
- növeljük a beáramló gáz sebességét – egyes alkatrészeket lefújhatjuk a lemeztől, a nitrogén nincs ingyen.

- a hőprofil a csúcshőmérséklet emelése nélkül módosítjuk – sok paraméter kötött, általánosan elmondható, hogy minél több törés van a hőprofilban, annál egyenletesebb a felfűtés, de ehhez sok zóna kell.

14 S4 – ÁRAMKÖR/KÉSZÜLÉK MEGBÍZHATÓSÁGI ANALÍZISE SIMULINK-KEL.

14.1 *Mi a megbízhatósági modellezés, analízis menete (hogyan állítjuk elő egy áramkör megbízhatósági modelljét)?*

Megbízhatósági modellezés: A rendszer egyes elemeinek megbízhatósági modelljéből (Élettartam vizsgálat, gyorsított vizsgálat és szabványok) megalkotjuk a rendszer megbízhatósági modelljét.

Megbízhatósági analízis:

- „derating”,
- worst-case tolerancia vizsgálat,
- hőmérsékleti hatások vizsgálata,
- hibafa analízis,

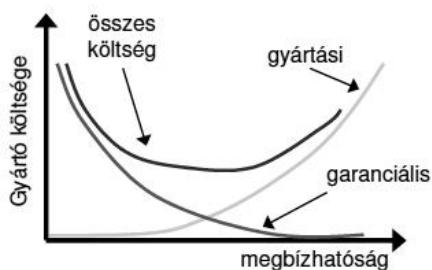
14.2 *Mi a megbízhatósági analízis célja új termék piacra dobása esetén (stratégiai szempontok)?*

A termék megbízhatósági optimumának megkeresése – garancia lejárat idő meghatározása (költségek minimalizálása).

14.3 *Hogyan segíthet a megbízhatósági analízis vegyes rendszerek előállítási költségének csökkentésében?*

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

14.4 Mi a megbízhatósági analízis célja nem javítható áramkör esetén (megbízhatóság-gyártói költség kapcsolata)?



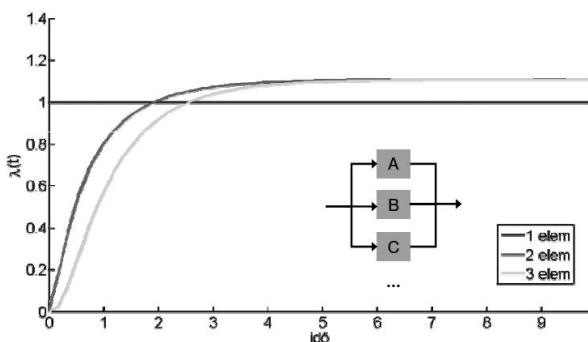
14.4.1. ábra. Nem javítható áramkör megbízhatóság-gyártói költség kapcsolata

A cél az optimum megtalálása, és a garancia idő meghatározása.

14.5 Mi a megbízhatósági analízis célja javítható áramkör esetén (preventív javítás szerepe)?

Tervezhető a preventív javítás (karbantartás) időpontja.

14.6 Milyen üzemeltetési körülmények biztosításával lehet legjobban kiaknázni a melegtartalékoltás előnyeit?



14.6.1. ábra. Melegtartalékolt rendszer vizsgálata

Preventív javítást kell végezni, mielőtt $\lambda(t)$ elérné az 1-et.

15 H1 – GYÁRTÓBERENDEZÉSEK ÉS GYÁRTÓSOROK MINŐSÍTŐ KÉPESSÉGVIZSGÁLATAI. A MINŐSÉGELENŐRZÉS MATEMATIKAI ÉS STATISZTIKAI MÓDSZEREI

15.1 *Mi az SPC lényege ?*

A minőségellenőrzés matematikai statisztikai módszerei megteremtik a lehetőséget, hogy a gyártott sorozatból, folyamatból vett minta alapján a teljes mennyiség minőségét, a gyártási folyamat működőképességét megvizsgáljuk, és az ellenőrzés eredményeit a gyártási folyamatba visszajuttatva, azt a gyártási folyamat, a gyártott alkatrész minőségének javítására használjuk fel.

15.2 *Mi jellemzi a véletlen és a rendszeres hibákat ?*

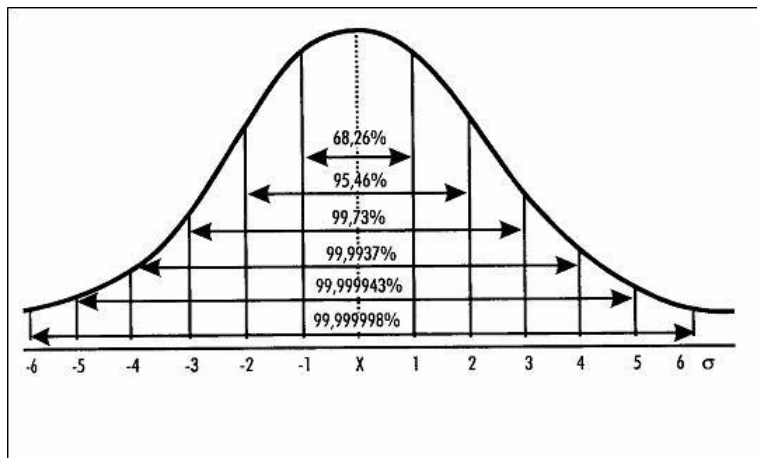
- Véletlen hiba:
 - több apró tényezőtől tevődnek össze,
 - kis eltéréseket eredményeznek,
 - a folyamatokban állandóan jelen vannak,
 - statisztikai eszközökkel jól kezelhetők,
 - a folyamatok paraméterei előre vetíthetők.
- rendszeres hiba:
 - egy-két jelentős tényező okozza,
 - nincsenek állandóan jelen a folyamatban,
 - a folyamat alakulása nem vetíthető előre,
 - beavatkozás hiányában fennmaradnak.

15.3 *Melyek a minták legfontosabb diszkrét jellemzői ?*

- medián,
- módusz
- terjedelem,
- szórás,
- egyedi érték,
- mozgó átlag,

- mozgó terjedelem,
- számtani közép.

15.4 A véletlen hibát tartalmazó darabok hány %-a található a $\pm 1, 2, 3\sigma$ tartományokban?



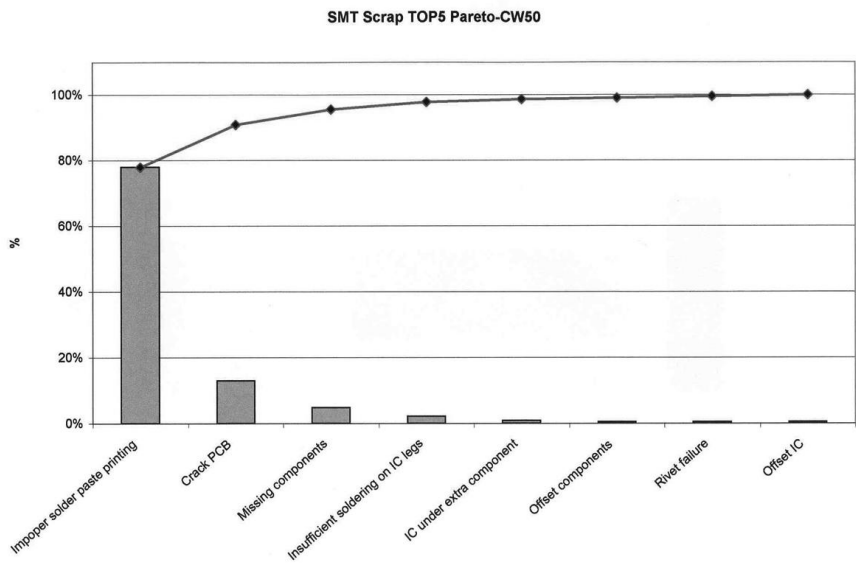
15.4.1. ábra. Normál eloszlás tartományai

15.5 Hogyan készítsünk hisztogramot?

A vizsgált tartományt felbontjuk 7 – 11 részre majd a gyakoriságot ábrázoljuk (tapasztalati sűrűségfüggvény).

15.6 Rajzoljon fel egyszerű példát a Pareto diagram alaptípusaira!

- Hibakép Pareto (vízszintes tengelyen hibák),
- Hibaok Pareto (vízszintes tengelyen hibaok),



15.6.1. ábra. Hibakép Pareto

15.7 Milyen alapesetei lehetnek egy gyártási folyamat képesség-stabilitás jellemzőinek?

		STABIL?	
		igen	nem
KÉPES?	igen		
	nem		

15.7.1. ábra. Képesség-stabilitás alapesetek

15.8 Hogyan számoljuk ki a korrigált gépképességet?

$$C_{pk} = \frac{\min \{USL - \mu, \mu - LSL\}}{3\sigma}$$

16 H2 – AZ ELEKTRONIKAI GYÁRTÁS KÖRNYEZETÉNEK KIALAKÍTÁSA. ELEKTROSZTATIKUS VÉDELEM. AZ „5S” KÖVETELMÉNYEK.

16.1 Definiálja a DPMO és a DPU fogalmát!

DPMO (Defects Per Million Opportunities): A hibák arányát az összes lehetséges hibalehetőséghez viszonyítva adják meg.

DPU (Defects Per Unit): Egy egységre eső hiba.

16.2 Milyen jellemzőket vizsgálunk és pontozunk az FMEA analízis során?

- Vizsgáljuk:

- Potenciális hibalehetőségeket,
 - Lehetséges okokat,
 - Hibák következményeit.
- Pontozzuk a lehetséges hibák:
 - valószínűségét (V),
 - jelentőségét (J),
 - felfedésének valószínűségét (F).

16.3 Milyen lépésekből áll a DMAIC ciklus ?

- Define (Hatókör, határok, mérhető elvárások definiálása, magas szintű folyamat térkép, erőforrások, idő)
- Measure (Stratégiai terv felállítása, Értékek, hatókör, dokumentációs folyamat, képességek, mérések definiálása és elvégzése, teljesítmény)
- Analyze (Mérési eljárás, gyökérokok, tesztek és eltérések, hatásanalízis, Pareto, feladatok, ciklusidő, megbízhatóság, értékek bizonyítása)
- Improve (Ciklusidő csökkentése, megbízhatóság növelése, kísérletek megtervezése, összetettség csökkentése, projekt menedzsment)
- Control (Ellenőrző diagramok, auditok, új képességek, dokumentáció, képzés, teljes érték meghatározása, továbblépési irányok)

16.4 Mi az 5S munkahely-szervezési módszer lényege ?

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

17 H3 – A GYÁRTÓRENDSZEREK MŰKÖDTETÉSÉNEK KÖRNYEZET-
VÉDELMI FELADATAI. VESZÉLYES MUNKAFOLYAMATOK, EGÉSZSÉG-
ÉS ÉLETVÉDELMI RENDSZEREK.

17.1 *Megközelítően mennyi elektromos és elektronikus hulladék keletke-
zik évente Magyarországon ?*

Magyarországon évente legalább 40 ezer tonna elektromos és elektroni-
kus hulladék keletkezik.

17.2 *Milyen veszélyes anyagok alkalmazását tiltotta meg az EU az elekt-
ronikai gyártásban ?*

2005 után nem hozható forgalomba ólom, higany, kadmium, 6 vegyértékű
króm, rákkeltő égésgátlóval adalékolt műanyag.

17.3 *Mely nemzetközi szabványcsalád vonatkozik az üzemi környezetirá-
nyítási rendszerek kialakítására ?*

Az ISO 14 xxx („14 ezres”) szabványcsalád foglalja össze a környezet-
barát vállalat kialakításának követelményeit.

17.4 *Mi a környezeti hatásvizsgálatok lényege ?*

Lényege az, hogy feltárja egy tervezett létesítménynek az érintett környe-
zet fizikai-kémiai, ökológiai, esztétikai, társadalmi stb. tényezőire gyakorolt
közvetlen és közvetett hatásait, ezek kölcsönhatásait, a rövid és a hosszú távú
hatásokat, annak érdekében, hogy a várható környezeti hatások – a megfelelő
alternatívák kiválasztásával valamely cél érdekében optimalizálhatók legye-
nek.

Fő részei: technológiai leírás, anyag és energia mérleg, hatások és hatás-
viselők kapcsolatának bemutatása, egyéb információk.

18 N3 – A MINŐSÉGÜGYI RENDSZEREK KIALAKULÁSA, AZ ISO 9000
MINŐSÉGÜGYI RENDSZER SZERINTI MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS.

18.1 *Mik a teljeskörű minőségszabályozás legfontosabb tulajdonságai ?*

- A fogyasztó, vevő bevonása a minőségszabályozási láncba.
- A vállalaton belüli összes tevékenység szigorú szabályozása.
- A vállalaton kívüli tevékenységek (marketing, szerviz stb.) szabályo-
zása.

- Beszállítók ellenőrzése.
- Nemzetközi szintű szabályozás (ISO 9000).

18.2 Sorolja fel az ISO 9000 rendszer általános jellemzőit!

- 5 fő- és számos értelmező szabványból álló szabványrendszer
- Az élet minden területére kiterjed:
 - Gazdaság (ipar, építőipar, mezőgazdaság stb.),
 - Szolgáltatás,
 - Környezetvédelem,
 - Egészségügy,
 - Oktatás,
 - Hadügy, stb.
- 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

18.3 Hogy zajlik a tanúsítási folyamat?

Bevezetés:

- A meglévő minőségügyi rendszer felmérése, értékelése az ISO 9000-rel összehasonlítva, rendszerint külső segítséggel.
- Bevezetési terv készítése. Tartalmaznia kell:
 - a vonatkozó ISO 9000 fejezet,
 - a kialakítandó minőségbiztosítási eljárásokat,
 - a felelős személy, csoport megjelölését,
 - a szükséges oktatást,

- a szükséges erőforrásokat,
- a befejezés várható időpontját,
- Minőségügyi dokumentumok létrehozása – a rendszer minden elemét az előírt formában dokumentálni kell !
- Minőségügyi kézikönyv :
 - vállalati szintű,
 - osztályszintű,
 - egyes területekre specializált,

A tanúsítási folyamat :

- Tanúsítási kérelem benyújtása ;
- Minőségügyi dokumentumok átvizsgálása ;
- Hibák korrigálása ;
- Előaudit (nem kötelező) ;
- Tanúsító audit. Lehetőségek :
 - nincs eltérés az ISO követelményektől (ritka),
 - néhány kisebb eltérés. Korrigálás után igazoló jelentés,
 - sok kisebb, néhány súlyosabb eltérés. Korrigálás után újabb audit,
 - Súlyos eltérések - elutasítás (ritka),
- Tanúsítvány átadása ;
- Évenkénti ellenőrzés ;
- Belső audit ;

18.4 *Mi a belső audit ?*

- A szervezet minőségi rendszerének önvizsgálata,
- Előre megtervezett időszakonként.,
- Belső, független auditor,
- Célja a hiányosságok, gyenge pontok feltárása,
- „Önjavító képesség” megteremtése,
- Viszonylag rövid, 2 – 3 napos felülvizsgálat.

19 N4 – TELJESKÖRŰ MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI RENDSZEREK, MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI TECHNIKÁK.

19.1 *Ismertesse az idegenáru ellenőrzés feladatait és lehetséges helyszíneit!*

Feladatai:

- Vizsgálati terv – esetenként a beszállítóval közösen,
- Vizsgálati eredmények egyértelmű dokumentálása,
- Véleményeltérés, vita, reklamáció kezelése,
- Roncsolásos vizsgálat esetén pótlás.

Lehetséges helyszínei:

- Transzit raktár,
- Közvetlenül a felhasználás helyén,
- A beszállító telephelyén,
- Külső helyszíneken,

19.2 *Ismertesse a termelőeszközök, mérőeszközök és technológiai folyamatok ellenőrzését!*

Termelőeszköz ellenőrzése:

- Műszaki paraméterek, gyártási pontosság ellenőrzése mintákon és próbagyártással.
- Adott időszakonként karbantartás.
- Meghibásodás esetén javítás, majd ismételt pontossági próba.

Mérőeszközök ellenőrzése:

- Megfelelő pontosságú eszközök biztosítása.
- Időszakos ellenőrzés, kalibrálás.
- Kalibráló eszközök – hiteles mérőműszerek – hatósági hitelesítés (OMH).
- Pontosságromlás esetén javítás, beszabályozás, esetleg selejtezés.

Technológiai folyamat ellenőrzése:

- Szigorúan meghatározott sorrend, zökkenőmentes kapcsolódás.
- Résztechnológiák fontosabb paramétereinek beállítása.
- A folyamat fizikai, kémiai, elektromos paramétereinek folyamatos mérése.

19.3 Mik a gyártmányellenőrzés legfontosabb feladatai?

- Nem megfelelő termék kezelése – gazdasági elemzés utáni döntés:
 - javítás után felhasználható,
 - kisebb pontosságot igénylő helyen még felhasználható,
 - selejtezendő,
- Javító, helyesbítő tevékenység:
 - a termelési folyamat minden pontján,
 - a problémák feltárása, elemzése, javítása,
 - hibaok feltáró csoport, hibajavító csoport,