

# Kétoldalas, furatfémezett nyomtatott huzalozású lemez készítése

- x - x - x - 1. gyakorlat - x - x - x -

**Fúrás** (méretre vágott, kifűrt lemezekkel indulunk)

## Furatfémezés

Cél, a foliózott lemez lyukainak falára vezető, jól forrasztható réteg felvitele. A furatok falára felvitt fémréteg biztosítja a két réteg közötti galvanikus összeköttetést. A rétegnek jól tapadónak és elegendően vastagnak kell lenni. A tapadást a bevonandó felület gondos előkészítésével és a finomszemcsés galvánréteggel érhetjük el, míg a megfelelő rétegvastagságot a jó **szóróképességű** fürdőben a kellő ideig végzett galvanizálással biztosíthatjuk.

A furatfémézést több szakaszban végezzük, ezek a következők:

- **Redukciós rezezés:** A szigetelő felületre (furat belső fala) kémiai redukcióval nagyon vékony, (0,5 - 1µm) rézréteget választunk le
- **Panelgalvanizálás:** A már vezető felületen (és a panel teljes felületén) galvanikusan vastagítjuk a rézbevonatot, kb. 5 - 8µm-ig
- **Rajzolatgalvanizálás:** Negatív maszkolás és előhívás után csak az áramköri ábra és a furatok maradnak szabadon, ezen a területen tovább vastagítjuk a fémréteget, kb. 15 µm réz és kb. 5 – 10µm ónréteg galvanizálásával

*A redukciós rézleválasztás lépései a következők:*

A lépés neve	Célja	A művelet leírása	Ideje
<b>Mechanikai tisztítás</b>	Durva szennyezés, oxid eltávolítása	<b>Szükség esetén finom dörzspapírral, csiszolóporral végezzük</b> <b>Lehet szárazon és nedvesen is</b>	
<b>Zsírtalanítás</b>	Az egyenletes tapadás biztosítása	<b>Cleaner BuzzR felületaktív anyag vizes oldatában, kb 30°C</b>	<b>2 perc</b>
	<i>Itt és minden további kezelőoldatban biztosítani kell, hogy az új oldat átmossa a furatokat, ezért a lemezek gyakori furatirányú mozgatása szükséges</i>		
<b>Öblítés</b>		<b>Folyó csapvízzel, alaposan</b>	
<b>Mikro-érdesítés</b>	Nagyobb tapadási felület létrehozása	<b>Kénsavas ammóniumperszulfát oldatban</b> <b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub></b>	<b>1 perc</b>
<b>Öblítés</b>		<b>Desztillált vízben</b>	
<b>Dekapírozás</b>	Oxidréteg eltávolítása	<b>– 10%-os HCl oldatban</b>	<b>0,5 perc</b>
<b>Öblítés</b>		<b>Csapvíz majd desztvíz</b>	
<b>Aktiválás</b>	Felület előkészítés, oxidmentesítés, az aktiválófürdő védelme	<b>Pre-dip oldatban</b>	<b>3 perc</b>
	Aktiválás	<b>Pd os aktiváló oldatban</b>	<b>6 perc</b>
<b>Mosás</b>	Az aktiválófürdő védőkolloidjának eltávolítása	<b>3%-os HCl</b>	<b>3 perc</b>

<b>Öblítés</b>		<b>csapvíz</b>	
<b>Kémiai réz</b>	A Pd góckról kiindulva Cu leválasztása, folytonos bevonat képezése	<b>Rezező fürdőben</b> Az oldat lúgos, a Cu komplex vegyület formában van jelen. A redukálószer formaldehid, de a stabilizátor miatt a reakció csak akkor indul be, ha az aktivált felülettel találkozik	<b>8 – 10 perc</b>
<b>Öblítés</b>		<b>Csapvízzel</b>	

Az elkészült panelt szemrevételezéssel ellenőrizzük, elsősorban azt, hogy a furatokban megtörtént-e a fémleválás.

### ***Panelgalvanizálás:***

Megmérjük a lemez oldalait és kiszámítjuk a panel felületét.

A lemezt befogjuk a galvanizáló szerszámba, csapvízben leöblítjük és utána fél percre a dekapírozó fürdőbe merítjük.

Innen öblítés nélkül áttesszük a galvanizáló kádba és katódként kapcsolva 1 A/dm<sup>2</sup> áramsűrűség mellett 25 percig galvanizálunk. (A galvanizálás alatt is előírás a folyamatos katódmozgatás, ezt a laborban alkalmanként kézzel kell pótolnunk)

Számítsuk ki a valós beállított értékekkel a rétegvastagságot! Számolhatunk 100%-os **áramkihasználással**. Adatok: M: 63,5 g/mol,  $\rho = 8,9 \text{ g/cm}^3$ ,  $F = 96500 \text{ As/mol}$ ,  $z = 2$

Emlékeztetőül a Faraday törvény:

$$m = \frac{MIt}{zF} = kIt$$

## Maszkolás

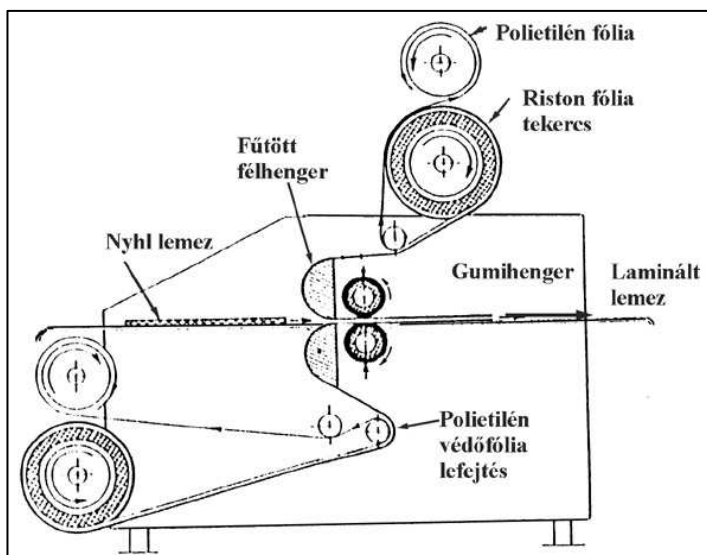
Az áramköri rajzolatot két maszkolási lépéssel alakítjuk ki. Először egy negatív fotoreziszt maszkot készítünk, ekkor a rajzolat és a furat marad szabadon. Erre a szabad területre további rézréteget galvanizálunk, ezzel érjük el a szükséges vezető-vastagságot. A rajzolat védelmére egy tömör, fényes ónréteget galvanizálunk, ez fogja megvédeni az alatta levő rajzolatot a maratáskor.

**Szilárd fotoreziszt felvitele:** A fotoreziszt olyan mozaikszo, amely arra utal, hogy az ábrakialakítás fotózásos módszerrel történik, illetve a réteg ellenáll különböző hatásoknak, pl. maratószer, galvanizálás. Nagyobb részben folyékony halmazállapotúak, ilyenkor felvitelük permetezéssel, hengerezéssel, centrifugálással esetleg szitanyomtatással történhet. A szilárd rezisztek gyakorlatilag ugyanazokat a fényérzékeny anyagokat tartalmazzák egy lágy fólia hordozóban. Az általunk használt anyag neve: Riston fólia. Három fontos előnyük van a folyékonyakkal szemben:

- Elegendően vastag réteg vihető fel, ezáltal a későbbi galvánréteg nem nő túl a reziszten
- A szilárd reziszt nem folyik be a furatokba, a rajzolat-galvanizálásnál nem jelent akadályt
- A bevonat „gyárilag” egyenletes vastagságú

Műveletek:

- **A felület előkészítése:** A jobb tapadás érdekében a galvanizált panelt kb. 400-as csiszolóporral finoman érdesítjük, majd gondosan portalanítjuk. Ezután 100°C-os szárítószekrényben a lemezeket előmelegítjük.
- Bekapcsoljuk a laminátort és a fólia fűtését szintén 100°C-ra állítjuk be. Ezt a műveletet már csak **sárga világítás** mellett végezhetjük. (Általában a negatív reziszt anyagok a látható spektrum 540 nm-nél rövidebb hullámhosszúságú tartományára érzékenyek.)
- **Laminálás:** Beindítjuk a laminátor motorját és a lemezeket cérnakesztyűvel fogva folyamatosan tesszük fel a gép tálcájára. Ügyelni kell, hogy a lemezek vízszintesen tartsuk, az esetleges begyűrődések megelőzésére a kiadó oldalon lehet enyhén húzni a fóliát.



A bevont lemezeket körbevágjuk úgy, hogy kb. 0,5 – 1 cm fólia maradjon körben.

A felvitt fóliát legalább fél órát pihentetni kell.

- **Maszk illesztése:** Az áramköri rajzolatról készített pozitív filmet az illesztő furatok segítségével nagyon pontosan felhelyezzük a lemezre és egy kis ragasztócsíkkal rögzítjük. Ugyanígy járunk el a másik oldalon is. Ellenőrizzük, hogy ezután egyetlen furatot sem szabad látnunk.
- **Exponálás:** A berendezés egyszerre mindkét oldalt megvilágítja. Nagynyomású Hg-gőz lámpákat használunk, ezek zömmel a közeli UV tartományban (365nm) sugároznak. Mivel kisülőlámpák, folyamatosan bekapcsolva maradnak, ki- be kapcsolgatni nem lehet. Ezért egy kihúzható keretbe helyezzük el a lemezünket, majd vákuummal szorosan a reziszthez szorítjuk a filmet. Ha ez kész, betoljuk a lámpatérbe a keretet és ezzel kezdődik az exponálás. Elindítjuk az időzítőt. A megvilágítási idő 1 perc, ennek végét csengő jelzi. Kihúzzuk a keretet, megszüntetjük a vákuumot és kivesszük a lemezünket. Ezután újabb 15 perc pihentetés szükséges.
- **Előhívás:** Óvatosan megpróbáljuk a poliészter védőfóliát lefejtetni a rezisztről, ha ez sikerült, teljesen levágjuk a szélét, és úgy helyezzük az előhívóba. A megvilágítatlan reziszt szerves oldószerekben és gyenge lúgokban is oldódik. Mi 2%-os Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> oldatot használunk. Az ipari

gyakorlat permetező előhívás, mert a vastagabb, viszkózusabb anyag eltávolításához kell egy kis mechanikai hatás. Ezt a laborban egy puha ecsettel helyettesítjük. Kb. 1 percre hagyjuk az oldatban a lemezt majd csipesszel megemeljük és az ecsettel mossuk le a reziszt oldható részét. Ha közelítőleg jónak látjuk, bő csapvízzel lemossuk, ha szükséges, még visszatesszük a hívóba. Akkor kész, ha a rajzolat teljesen fémtiszta lett.

## Rajzolat galvanizálás

Most csak ott folytatjuk a rézréteg vastagítását, ahol a vezetőpályák lesznek, a többi területet eltakarja a galvanizálásálló bevonat. A művelet ugyanúgy zajlik, mint a panelgalvanizálás, csak arra kell vigyázni, hogy a szükséges áramerősséget a szabad felület ismeretében kell kiszámítani. Annyi ideig kell a galvanizálást folytatni, hogy a leválasztott rézréteg 20 – 25 µm vastag legyen.

**Őn galvanizálás:** A rézbevonat elkészültével rövid szemrevételezés után folytatjuk a galvanizálást az ónfürdőben. Természetesen a felületkezelés itt sem maradhat el, 1 perc mikroérsítés, fél perc dekapírozás ugyanazokban a fürdőkben, mint a réz-galván előtt. Vizes öblítés nélkül tesszük az őn-fürdőbe és 1 A/dm<sup>2</sup> áramsűrűség mellett kb 10µm rétegvastagságig elektrolizálunk.

Adatok: M: 119 g/mol, ρ = 7,2 g/cm<sup>3</sup>, z = 2

A galvanizálás befejeztével kivesszük a fürdőből, lecsepegtetjük és híg kénsavoldatban öblítjük le, mert az oldat hajlamos a **hidrolízisre**. Utána folyóvízben lemossuk.

Az őnbevonatnak hármasképző funkciója van:

- Ez védi meg a rajzolatot a maratószerrel szemben
- Könnyebben forraszthatóvá teszi a felületet
- Védi a rezezt az oxidációtól

*A laboratóriumi gyártásban mindezen tulajdonságokat kihasználjuk, a mai ipari gyakorlat számára azonban csak a maszkolás megfelelő, ezért a maratás után azonnal leoldják az ónréteget is. Az okok: a galvanikus őn szerkezete nem elég tömör, a forrasztásgátló bevonat alatt magas hőmérsékleten (pl. hullámforrasztáskor) felpúposodhat. Emellett az ólommentes forrasztanyagokhoz sem tapad mindig megfelelő mértékben, ahhoz ezüst, nikkelt vagy arany fedőréteget kell használni.*

**Reziszt eltávolítás:** A polimerizálódott reziszt csak erősen lúgos közegben oldódik, ezért 5%-os NaOH-t alkalmazunk. A lemezt pár percre az oldatba tesszük, esetleg a leoldást egy kis kefével segítjük. A fólia nem is oldódik fel teljesen, hanem kisebb darabokban leúszik a lemeztől. Az oldat szűrés után többször használható. Végül folyóvízben alaposan lemossuk a munkadarabot.

## Maratás

Ebben a lépésben eltávolítjuk a maszk által nem védett felületről a rézbevonatot. A maratás kémiai alapvető fázisa az oxidáció:



Tehát a maratószernek kell tartalmazni v. milyen elegendően erős oxidálószerrel, hiszen a réz közismerten az oxidációnak jobban ellenálló fémek közé tartozik. Ez azonban még nem elég, a rézionokat oldatban is kell tartani. Vizes oldatban ugyanis könnyen keletkezhet réz-hidroxid (Cu(OH)<sub>2</sub>) csapadék, ami lerakódva a rézfelületre tulajdonképpen maszkolna, megakadályozná a maratószerrel a réz felszínéhez való hozzájutásban. Alapvetően két mód van a réz oldatban tartására, elegendően savas közegben hidratált Cu<sup>2+</sup> ionok maradnak, lúgos közegben pedig réz-tetrammin **komplex ion:** [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup> keletkezik, természetesen, ha van az oldatban ammónium-hidroxid. Ennek megfelelően használnak savas és lúgos maratókat is.

Az őn-maszk esetében un. szelektív maratószerrel kell találnunk, tehát olyant, ami a két fém között tud különbséget tenni. Ezek általában a lúgos maratók, mert az őn nem tud amminkomplexet képezni, tehát, ha kicsit oxidálna is, nem kerül oldatba, önmagát is maszkolja.

A laborban nátrium-klorit maratót használunk: NaClO<sub>2</sub>, [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup> tartalmú használt marató és NH<sub>4</sub>OH elegye. A marási idő néhány perc, a fürdő hajlamos az un fehérmarásra, azaz az ammóniatartalom fogyáskor Cu(OH)<sub>2</sub> fehéres lepedék keletkezik és a marás leáll.

Ha kész a maratás, a mintát először egy kisebb főzőpohár vízben öblítjük, csak ezután bő csapvízzel. Ha matt az ónréteg, finom vizes csiszolópapírral polírozhatjuk.

## Ellenőrzés

Most szükséges a rajzolat gondos ellenőrzése, a javítható hibák kijavítása, mert a következő lépésben gyakorlatilag hozzáférhetetlenné tesszük a panel legnagyobb részét. Szemrevételezéssel, sztereomikroszkóp segítségével vizsgáljuk meg, van-e szakadás, rövidzár, a furatokban egyenletes fémbevonat. Ha szükséges, javítunk.

- x - x - x - 3. gyakorlat - x - x - x -

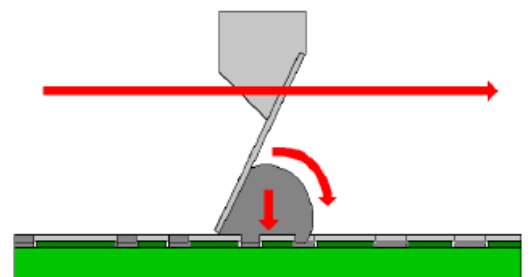
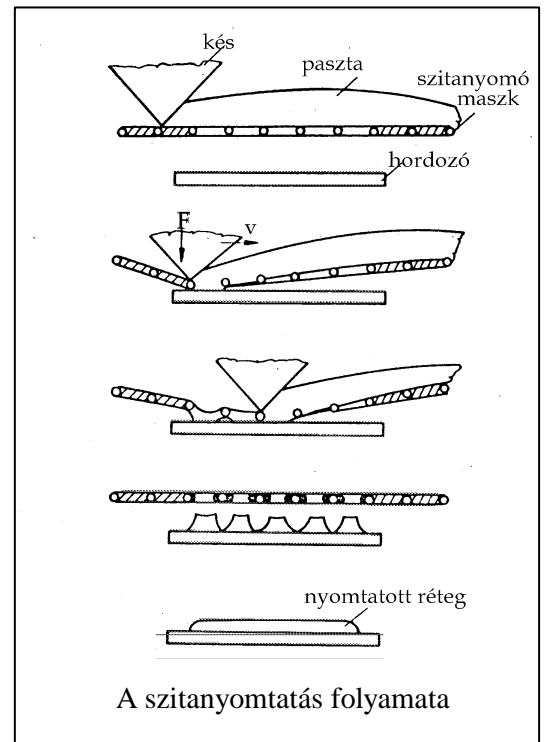
## Forrasztásgátló lakk felvitele

Az egyre finomabb rajzolat, az egyre közelebbi forrasztási felületek (pad-ek) mellett biztosítani kell, hogy a két vezetősáv között biztosan megmaradjon a szigetelő csík is. Ezt biztosítja a forrasztásgátló bevonat. Meggátolja, hogy a megolvadt forrasztanyag összefolyjon a két forrasztási pont között, akár hullámforrasztásnál, akár reflow forrasztásnál. Jól tapadó, jó szigetelő, kemény, de rugalmas védőlakkot kell képezni, amely csak a forrasztási felületeket hagyja szabadon. Felvitelére három módszer is kínálkozik:

- Szitázva közvetlenül a védőlakkot nyomtatjuk a kívánt területre, majd ezt beégetjük
- Szilárd fóliaként lamináljuk, fotózással alakítjuk ki a fennmaradó ábrát
- Folyékony fényérzékeny lakkot viszünk fel a felületre, ezt beszárítjuk, fotózzuk, előhívjuk.

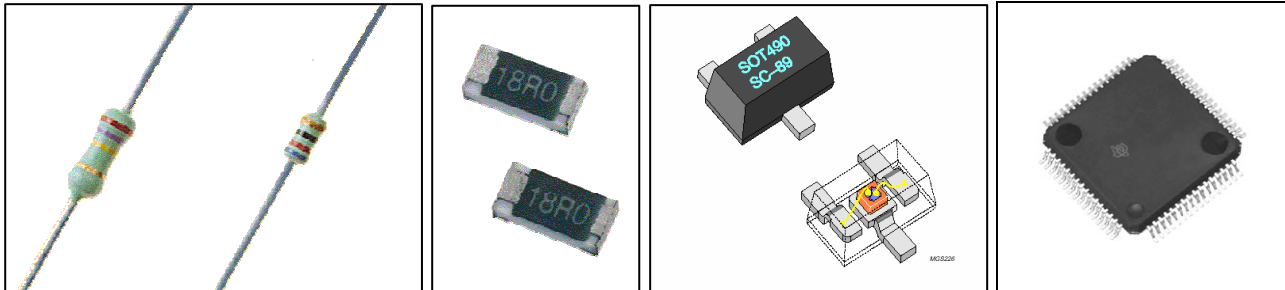
A laborban ez utóbbi megoldást alkalmazzuk. A védőlakk kétkomponensű, összekeverve 3 napig használható. Negatív működésű, ugyanúgy sárga megvilágítás mellett kell vele dolgozni, mint a Riston fóliával. A lakkréteg egyenletes vastagságú felvitelét **szitanyomtatással** valósíthatjuk meg. A szitán a panelnél kevésbé kisebb ablakot hagyunk szabadon, a többi tömítőfestékkel kikenjük. A nyomtatás során kevés festéket a szita egyik szélére öntünk, majd a kenőkés (rakel) segítségével végighúzzuk a maszk felett. Kb. 45°-ban döntve, egyenletes nyomóerővel és sebességgel végezzük a nyomtatást. Ha a festék viszkozitása is megfelelő, a szükséges vastagságú réteg kerül a rézfólia felületére. Pár percig hagyjuk, hogy a sűrű folyadék felszíne elsimuljon, majd a lemezeket szárítószekrénybe helyezük, ahol 80°C-on 25 perc szükséges a festék kikeményedéséhez.

Lehűlés után következik a maszk illesztése, az exponálás és az előhívás. Ezek a műveletek gyakorlatilag megegyeznek a rajzolat fotolitografálásánál alkalmazottakkal. Természetesen külön foto készül a védőlakkhoz, hiszen más területeket hagyunk szabadon. A lakk fényérzékenysége is más, kb 6 perces expozíciós idő kell. Az előhívó azonos.



## Szerelés

A nyomtatott áramkör gyártás második fázisa az alkatrészek beültetése és beforrasztása a panelbe. Szerelési szempontból kétféle alkatrész típus van, a **huzalkivezetéses** (furatba szerelhető, Through Hole Device – **THD**) illetve a **felületszerelhető** (Surface Mount Device - **SMD**) A jól automatizálható szerelés, a kisebb, olcsóbb alkatrészek, a megbízhatóbb működés miatt ma már szinte egyeduralgó a felületszerelt technológia (SMT)



*Huzalkivezetéses ellenállás, felületszerelhető ellenállás, tranzisztor és integrált áramkör*

**Technológiai lépések, ha csak SM alkatrészeket használunk egyoldalas lemezen:**

1. forrasztópaszta felvitele a hordozóra;
2. felületszerelhető alkatrészek beültetése;
3. újraömlésztés (reflow) forrasztás a paszta kikeményítésére.



### ***Forrasztópaszta felvitele***

Az újraömlésztéses technológia során forrasztópasztát alkalmazunk az alkatrészek és a hordozón található pad-ek (kontaktus-felületek) közötti elektromos kontaktus létrehozására, valamint a felületszerelhető alkatrészek mechanikai rögzítésére.

A felületszerelt gyártástechnológiában alkalmazott forrasztópaszták összetételüket tekintve fémporból, folyasztószerből és különböző szerves adalékanyagokból tevődnek össze. Utóbbiak biztosítják a paszta megfelelő viszkozitását, és azt, hogy a beültetett alkatrész a forrasztásig a helyén maradjon. Felvitelük egyszerre történik az összes pad-re. Elterjedtebb és termelékenyebb módja a szitanyomtatás, stencilnyomtatás, kisebb sorozatoknál az un. diszpenzeres felhelyezés. (A stencilmaszk annyiban különbözik a szitától, hogy itt egy vékony acélfólián vágják ki a rajzolatnak megfelelő nyílásokat. Tartósabb, pontosabb, drágább.)

Igen kis mennyiségű paszta elegendő. Igyekezünk a pontos, a pad közepére történő felhelyezésre, mert ez határozza meg később az alkatrész helyzetét. (Utóbb, ha pontosan rakjuk is fel az alkatrészt, az olvadt forrasz elhúzza a saját középpontja felé. Fordítva is igaz, a kicsit ferdén felrakott alkatrészt a jó helyen lévő forrasz beigazítja a helyére.)

### ***Az alkatrészek beültetése***

Az alkatrészeket a beültetési rajz alapján ráillesztjük a forrasztópaszta pöttyökre. A kis méretek miatt vákuumos megfogó fejet használunk.



## Újraömlesztéses forrasztás

A forrasztópaszta felvitele, majd az alkatrészek felhelyezése után a forraszanyag megömlesztése következik. Lényegében a forraszanyagot újból megolvad, ezért nevezik az eljárást „reflow” forrasztásnak. Itt is sok egyedi forrasztás helyett egyszerre készül el az összes kötés a panelon. Ezt úgy lehet elérni, hogy a teljes panelt felmelegítjük az ötvözet olvadáspontja fölé úgy, hogy a forrasztás a kontaktusokon, a kivezetőkön és a pasztában átalakuljon homogén szerkezetté. A folyamat megbízhatósága attól függ, hogy milyen eredményesen lehet a fűtést irányítani és a fűtési variációkat a különböző panelekre alkalmazni. Ezt az irányított fűtést hőprofilnak nevezzük.

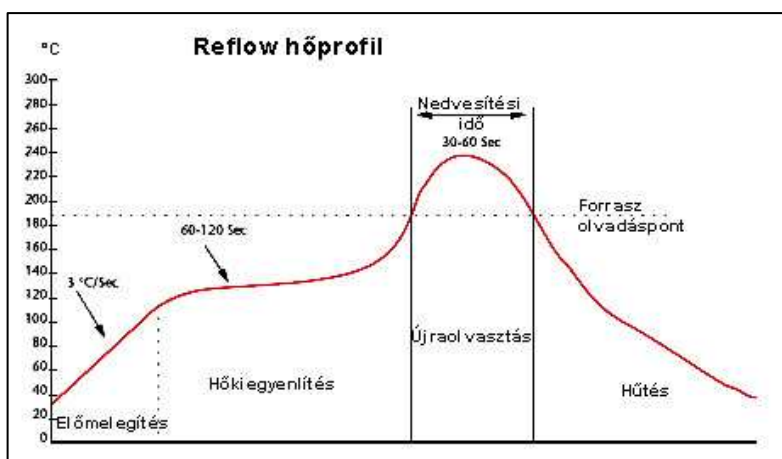
### A hőprofil

A tipikus hőprofil folyamatában előfűtési, (szárítási) vagy aktiválási és ömlesztési vagy csúcszóna szerepelnek.

- Az **előfűtési zóna** célja az, hogy a paneleket egyenletesen, általában 20 °C/másodperc vagy rövidebb idő alatt felfűtse. Az előfűtési zóna megkezdje azon oldószerek egy részének a felszabadítását, amelyeket a kenhetőség érdekében adagoltak.
- A **második zóna** folytatja az oldószerek kiszáraitását, hogy megelőzzék a paszta gázosodását és esetleges fröcskölését. Itt megtörténik a panel hőmérsékleti kiegyenlítődése, hogy a megolvadási hőmérsékletet is lehetőleg egyszerre érje el minden forrasztandó kötés. Ezt a zónát a szakirodalomban néha aktiválási zónának nevezik, ahol a folyósítószer elkezd a kontaktusok, kivezetések és magában a pasztában lévő oxidréteg feloldását. A gyanták és/vagy más magasabb forráspontú oldószerek megmaradnak fedőréteggént, hogy megelőzzék az újraoxidációt, amely azonnal jelentkezik magas hőmérsékleten.
- Az **ömlesztési vagy csúcszónában** a hőmérséklet gyorsan 20-40 °C-kal az ötvözet olvadáspontja fölé emelkedik. Ekkor a forraszanyag benedvesíti a felületeket, és fémes kötést biztosít. Az ömlési zónában általában 30- 60 másodpercet tartózkodik a panel; ezt ömlesztési időtartamnak nevezzük. Ez időtartam alatt kell elérni, hogy az összes érintkezési kontaktus elérje a kívánt hőmérsékletet, és kötést biztosítson.
- **Gyors lehűtés:** A rétegnedvesítés és a rétegbeoldódás folytatódik mindaddig, amíg a forraszanyag hőmérséklete az olvadáspont felett van. A forraszanyag a forrasztandó felületbe néhány µm rétegmélységig beoldódik. A beoldódás folytatódik nagy hőmérsékleten, még az olvadáspont alatt is.

A forrasztópaszta megömlesztését jól kézbetartott hőprofilal végzik. A megömlesztés során biztosítani kell a szükséges időt és hőmérsékletet a folyasztószer dezoxidáló hatásához, a forrasztópaszta megolvadásához és a forrasztandó felületek jó nedvesítéséhez. Az időt és hőmérsékletet az alkatrészek és a rétegek károsodása korlátozza. Túlságosan magas hőmérsékleten, hosszú hűntartási idő alatt károsodnak az alkatrészek műanyag tokjai, a hőérzékeny félvezető elemek és beoldódnak a vezetőrétegek, ill. elszenesednek a folyasztószer maradványok.

Az ipari reflow kemencék általában sokzónás berendezések, amelyben – egy zónát egy adott hőmérsékletre állítanak be, és a panel haladása során jut a szükséges hőmérsékletű zónákba. A laborban egy egyzónás, programozható kályhában történik a forrasztás. A kemencék fűtése általában infralámpákkal történik, intenzív légkeveréssel.



egy

## Galvántechnológiai fogalmak:

**Áramkihasználás:** a valóságban kivált hasznos anyag tömege és a Faraday törvényből számított tömeg hányadosa. Amennyiben jelentősen kisebb 1-nél (100%-nál), annak oka általában az, hogy nagyobb galvanizáló feszültség, nagyobb áramsűrűség alkalmazása esetén nem csak a kívánt anyag válik ki a katódon, hanem más is. Ez leggyakrabban hidrogén, mivel az vizes oldatban mindig jelen van és kiválasztásához nem kell nagy többletfeszültség.

A hidrogénkiválás fő baja nem is az áramhasznosítás csökkenése, hanem a bevonat minőségének romlása. Porózus, matt, néha fekete lesz a felület, beépülve a fémszerkezetbe pedig rideggé teszi azt.

**Szóróképeség:** a galvánfürdőknek azon tulajdonsága, hogy mennyire képesek elsimítani a katód áramsűrűségének helyi ingadozásból származó bevonat-egyenletlenségeket. Megkülönböztetünk makro- és mikro áramszóró-képességet.

**Makroszórás vagy primer szórás:** Akkor alakul ki, ha az anód és a katód felülete nem párhuzamos, így az áramsűrűség sem lesz egyenletes. Ez a helyzet pl. alakos katód esetében és a foliózott lemez furataiban is. A fürdő makroszórását helyes anód-elrendezéssel és vezetősó alkalmazásával lehet javítani.

**Mikroszórás vagy szekunder szórás:** Az áramsűrűség ingadozást a bevonandó tárgy felületi egyenetlenségei okozzák. Lyukak, karcok mentén csökken, élek, kiemelkedések közelében a csúcshatás miatt jelentősen megnő az áramsűrűség. Ennek hatására itt gyorsan megindul a fémkiválás, de ettől hamar kiürül a csúcs közvetlen környezete a leválasztandó fémionból. Ennek következtében helyileg megnő a leválási potenciál (polarizációs potenciál). A rétegépülés ezért itt leáll, és csak ott folytatódik, ahol a leválási potenciál alacsonyabb, azaz a mélyedésekben, sík felületen. Tehát a jó mikroszórású fürdő csökkenti a felületi érdességet, sima, esetleg fényes bevonatot hoz létre. A mikroszórást azok az adalékok javítják, amelyek a túlfeszültséget növelik. Ilyenek a komplexképzők (pl. ammónia, cianid, de utóbbit mérgező volta miatt ma már csak néhány nemesfém fürdőben használják), felületaktív anyagok, glicerin.

**Polarizációs potenciál:** Ha egy galvanizáló cellát készítünk, azzal egy galvánelemet is készítettünk. Ennek elektromotoros ereje a két elektród elektródpotenciáljának különbsége. Ha galvanizálni akarunk, ellentétes irányú áramot kell a cellán át bocsátani. Ehhez nyilván legalább akkora ellentétes feszültséget kell a cellára kapcsolni, mint annak az elektromotoros ereje. Ezt nevezzük a cella **bomlásfeszültségének**. (Lehet 0V is, ha mindkét elektród ugyanaz a fém, és a katód- anódtér nincs elválasztva)

Egyensúlyi esetben végtelen kis áram folyhat át a cellán. Ha növeljük az áramerősséget, a határretegek állapota is megváltozik, az ionok kiválásához többlet munkavégzés szükséges, ami abban nyilvánul meg, hogy többlet feszültség kell az elektrolízishez. ( $W = QU$  ismeretében ez könnyen belátható) Ezt a jelenséget (elektród)polarizációnak nevezzük, az egyensúlyi potenciálhoz képest mérhető növekményt **túlfeszültségnek** ( $\eta$ ).

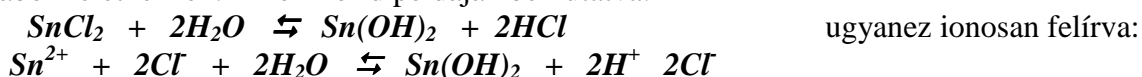
$$U_{pol} = E + \eta$$

Általában a katódon mindig az a pozitív ion válik ki, amelyik kilépéséhez a legkisebb munkavégzés (=polarizációs potenciál) szükséges. Előfordulhat, hogy a túlfeszültség annyira megnő, hogy eléri a polarizációs potenciál az oldatban levő más ion polarizációs potenciálját, és ettől kezdve azonos eséllyel válhat ki a két ion. Vizes elektrolitokban leggyakoribb, hogy a hidrogén követi a fémet a kiválási sorban.

Érdemes megjegyezni, hogy a makroszórásnál említett **vezetősó** azért alkalmazható, mert a szokásosan használt  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ -ben levő fémionok leválási potenciálja olyan magas, hogy soha nem fognak kiválni a katódon, miközben a fürdő ellenállását hatásosan csökkentik.



**Hidrolízis:** Azok a sók hajlamosak hidrolízisre, amelyek egy erősebb sav és egy gyengébb bázis reakciójából keletkeznek. Az ónklorid példáján bemutatva:



Ezt a sót vízben feloldva a pH a hidrolízis következtében savas lesz, mert az ónhidroxid gyenge bázis, a sósav pedig erős sav. Mint a kettős nyíl mutatja, ez egy egyensúlyi folyamat. Az, hogy melyik irányba tolódik el az egyensúly, attól függ, milyen a közeg pH-ja. Ha savas, azaz növeljük a sósav mennyiségét, a felső nyíl irányába, az  $\text{Sn}^{2+}$  keletkezése felé tolódik el. Semleges vagy lúgos közegben, fordított irányba játszódik le a reakció, hidrogén ionok termelődnek (kompenzálendő a külső beavatkozást) és emellett természetesen ónhidroxid is. További csavar a folyamatban az, hogy az  $\text{Sn(OH)}_2$  egy rosszul oldódó csapadék, amely egy új egyensúlyban az ún. oldhatósági egyensúlyban vesz részt. Ennek az a következménye, hogy a csapadék az oldatból szilárd fázisba kerül, a hidrolízis-egyensúly számára elvész. Az egyensúly, persze próbál visszaállni, újabb  $\text{Sn}^{2+}$  alakul át  $\text{Sn(OH)}_2$ -vé, de azok is csapadékként kiválnak, végül az oldat teljes ón-tartalma ónhidroxiddá alakul. Ez a csapadék már nem fogja aktiválni a felületet, nem válik ki rajta a Pd, más esetekben kirakódva a szilárd fázis felületére, rontja a későbbi bevonat tapadását. Ezért nem szabad az ónkloridos fürdő előtt és után vizes öblítést alkalmazni.

A hidrolízis sok más, általunk használt só esetében is előfordul, általában a legtöbb átmeneti fém gyenge bázist alkot és hidroxidja is rosszul oldódik, azaz szinte mindegyikük kloridja, szulfátja, nitrátja savasan hidrolizál. Ezért savas pl a maratószerkezők közül a vasklorid ( $\text{FeCl}_3$ ) és a rézklorid ( $\text{CuCl}_2$ ). Lúgosan hidrolizálnak pl. a karbonát és foszfát sók (szóda:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , trisó:  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ), de utóbbiak csapadékká nem alakulnak.

**Komplex vegyület:** Olyan, sajátos kötéssel kialakult vegyület, amelyben egy ún. **központi ion** több atom/ion/molekula vesz körül, amelyeket **ligandumok**nak nevezünk és amelyek döntően ún. **koordinációs kötéssel** kötődnek a központi ionhoz. A kötés hasonlít a kovalens kötéshez, mert közös elektronpárok alakulnak ki, de mindkét elektront a ligandum adja a központi ion csak az üres d pályáira „engedi be” a kötő elektronpárokat. Általában egy központi ion 4 – 6 ligandum vesz körül (ez a **koordinációs szám**), ennek következtében egy olyan stabil ion keletkezik, amely általában vízben jól oldódik, még olyan körülmények között, amikor maga a fémion nem maradna oldatban. Ez a legfontosabb alkalmazásuk is, pl. galvánfürdőkben biztosítani a megfelelő fémion-koncentrációt, abban az esetben is, ha más szempontok miatt a fürdő pH-ja nem lehet savas. Komplexképzőkkel megakadályozható a hidrolízisre hajlamos fémek kiválása.

Központi ion lehet a legtöbb átmeneti fém, mert van betöltetlen d-pályájuk. Alkalmas ligandum az, amelyiknek legalább egy nemkötő elektronpárja van (pl:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ). A vegyületek képletírása is sajátos, a komplex iont szögletes zárójelbe tesszük. Legismertebb komplex ion a réz-tetrammin ion:  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  ami szintén maratószerként használható, vagy az ezüst-ditionát,  $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$  - ebben a formában oldja fel a fixíró az exponálatlan ezüstöt a fénykép előhívása után.

Egy nagyobb szerves molekulában lehet több olyan funkciós csoport, amelyek mind ugyanazzal a fémmel képeznek koordinációs kötetést, ezeket kelátoknak nevezik. Ilyen pl. az EDTE (etilén-diammin-tetraecetsav), egyszerre 6 kötéssel tudja „megfogni” a fémionokat. EDTE komplexként van a réz a redukciós rezező fürdőben. (Hasonló szerkezetű kelát vegyület a hemoglobin (Fe) és a klorofill (Mg) is.

## *Technológiai összefoglaló I*

Mérést végezte		Laborcsoport:	Dátum:
Gyakorlatvezető		Érdemjegy:	

- Elvégzett műveletek rövid leírása
- A folyamathoz tartozó paraméterek (hőmérséklet, idő, áramsűrűség, pH, stb.)
- Megfigyelések, tapasztalatok
- Értékelés, magyarázat