

## Elektrokémiai fémleválasztás

### Az elektrokémiai fémleválasztás speciális fogalmai és laboratóriumi kísérleti módszerei Galvántechnikai alapok

Péter László

Elektrokémiai fémleválasztás – Fémleválasztás speciális eszköztára és galvántechnika - 1  
Péter László, MTA Wigner FK

#### Fémbevonatok egyenletessége

Elektrokémiai fémleválasztással kapott bevonatok egyenletességét sok tényező befolyásolhatja:

- Az árameloszlás egyenletessége: Egykomponensű bevonat esetén a vastagság nem feltétlenül egyenletes, és a lokális áramsűrűség-változások miatt kristálytani jellegzetességek is változhatnak a mintán belül. Fontos a segédelektród helyzete is!

- Az alkalmazott elektród helyzete (sík elektródoknál): buborékok eltávozása (v.ö. vízszintes helyzetű elektródot felfelé és lefelé néző helyzetben); gravitáció okozta áramlás (függőleges helyzetű katódnál).

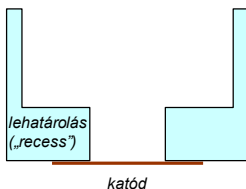
-Hidrodinamikai viszonyok: A keverés intenzitása alapvetően meghatározhatja a transzportfolyamatokat. Keverés útján nehéz egyenletes transzportot biztosítani. Míg laboratóriumi körülmények között általában a nem kívánt komponensek távoltartására törekszünk (pl. kibuborékolatás oxigén eltávolítása céljából), addig galvánfolyamatoknál gyakori az intenzív buborékolatással történő keverés. Ez a mechanikai megoldásoknál egyszerűbb és egyenletesebb keverést biztosít, noha nehezen mérhető és reprodukálható (pl. buborékméret egyenletessége és a gázbevezetés távolsága a katódtól).

Laboratóriumi kísérletekben: egyenlő hozzáférésű elektródok (következő oldal).

Elektrokémiai fémleválasztás – Fémleválasztás speciális eszköztára és galvántechnika - 2  
Péter László, MTA Wigner FK

## Egyenlő hozzáférésű elektródok laboratóriumi kísérletekben

Egyenletes fémbevonat kialakítása laboratóriumi körülmények között például hengeres (oszlopos) elrendezésű elektrokémiai cellákkal lehetséges.



Ilyen cellákban az árameloszlás legalább a katód közvetlen környékén egyenletes (geometriai okok miatt), amit erősíthet az anód párhuzamos, a katóddal szemben történő elhelyezése.

Ún. „szélhatás” azonban még ilyenkor is lehetséges: például ha a fémleválasztást áramlás fellépése kíséri, akkor a sarkok és élek menti zugokban a transzport természetesen más, mint az elektród többi részénél.

Elektrokémiai fémleválasztás – Fémleválasztás speciális eszköztára és galvántechnika - 3  
Péter László, MTA Wigner FK

## Egyenlő hozzáférésű elektródok laboratóriumi kísérletekben

Egyenletes fémbevonat kialakítására laboratóriumi körülmények között a forgó elektródok is megfelelőek.

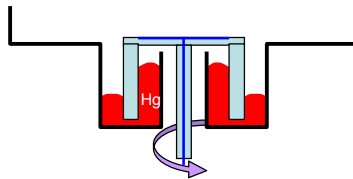
- Forgó korongelektród

Saját (függőleges) tengelye körül forgó korong, általában lefelé néző helyzetben. A lamináris áramlás tartományában elvileg is egyenletes hozzáférésű elektród: a korong közepétől kifelé történő oldatáramlás ugyan részlegesen kimerült oldatot juttat a korong peremére, de ezt kompenzálja a forgás miatti növekvő kerületi sebesség és a diffúziós rétegvastagság ezzel járó csökkenése. Mindazonáltal a forgó korongelektród távol áll minden gyakorlati galvántechnikai problémától, lényegében kizárólag laboratóriumi kísérleti eszköz.

Speciális megoldások:

Forgó gyűrűs korongelektród (köztitermékek kimutatása stb.): A gyűrűvel koncentrikus, attól elektromos szempontból függetlenül vezérelhető másik elektród.

Invertált forgó korongelektród:  
Felfelé néző korong (igen nehézkes megvalósítási módok, rendszerint higany mint „siklócsapágó” alkalmazásával – korlátozott fordulatszám tartomány).

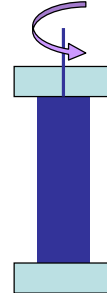


Elektrokémiai fémleválasztás – Fémleválasztás speciális eszköztára és galvántechnika - 4  
Péter László, MTA Wigner FK

### Egyenlő hozzáférésű elektródok laboratóriumi kísérletekben

Egyenletes fémbevonat kialakítására laboratóriumi körülmények között a forgó elektródok a legmegfelelőbbek.

**Forgó hengeres elektród**  
(rendszerint hengersizmetrikus elrendezésű segédelektóddal és a henger két végén lehatárolással; kizárólag függőleges elrendezéssel)



Fontos elvi különbség a forgó korong és a forgó hengeres elektród között: A forgó korong körül az áramlás lehet lamináris, míg a forgó hengeres elektród körül az áramlás már kis fordulatszám esetén is turbulens. Emiatt a komponensek transzportjának elvi leírása nem adható meg olyan eszközökkel, mint a forgó korongelektrod esetén.

Forgó hengeres elektródok hátránya: A kapott bevonat egy görbült felületen jelenik meg. A ez nem lehúzzható fólia, akkor csak olyan módszerekkel vizsgálható, ahol a felület görbülete nem jelent akadályt.

Elektrokémiai fémleválasztás – Fémleválasztás speciális eszköztára és galvántechika - 5  
Péter László, MTA Wigner FK

### A bevonat egyenletessége és ennek mérése; kapcsolat geometriai paraméterekkel

A galvánbevonatok és fürdők egyik fő jellemzője: Szóróképeség

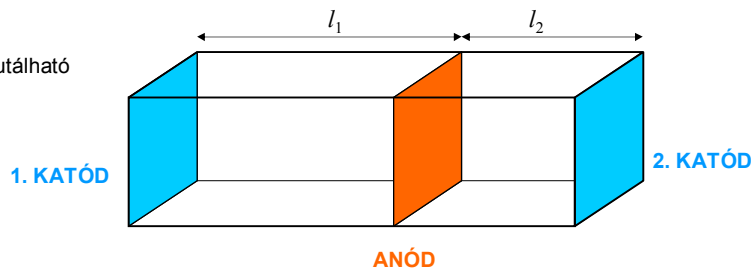
Definíció:

$$S\% = 100 \frac{\frac{l_1 - m_2}{l_2 - m_1}}{\frac{l_1 + m_2}{l_2 + m_1} - 2}$$

$l_1, l_2$ : az 1., ill. 2. katód távolsága az anódtól  
 $m_1, m_2$ : az 1., ill. 2. katódon levált anyag tömege

$$1 \leq \frac{m_2}{m_1} \leq \frac{l_1}{l_2}$$

alapján S% diszkutálható

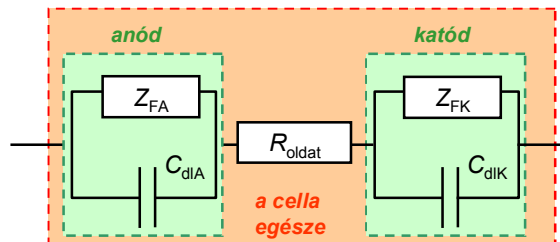


Ha a szóróképeség 0%: a bevonatok vastagság arányát a távolság arányok szabják meg.

Ha a szóróképeség 100%: a bevonatok azonos vastagságúak, a távolságok arányától függetlenül

Elektrokémiai fémleválasztás – Fémleválasztás speciális eszköztára és galvántechika - 6  
Péter László, MTA Wigner FK

## A szórókéesség kapcsolata már mennyiségekkel



(Összehasonlításul:  
Lásd a műszeres háttérről  
szóló részt, 5. dia)

Amikor a teljes cellaellenállásban az oldat ellenállása a meghatározó tényező:

Az áramok arányát a két katódon az áramnak az oldatban megtett útja határozza meg, következésképpen a bevonatok vastagság-arányát ugyancsak a távolságarányok szabják meg. Ilyenkor az elektródok Faraday-impedanciája kicsi (a leválás kevésbé inhibeált; általában kis szórókéességű fűrdő).

Amikor a teljes cellaellenállásban a katód Faraday-impedanciája a meghatározó tényező:

Az áramok arányát a két katódon az oldatszszakaszok ellenállása csak kissé módosítja, ezért a két katódon a bevonat vastagsága nagyjából megegyezik (nagy mértékben inhibeált leválás esete; nagy szórókéességű fűrdő).

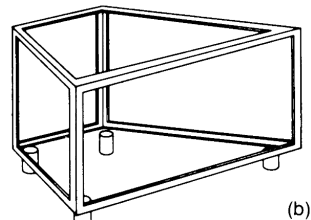
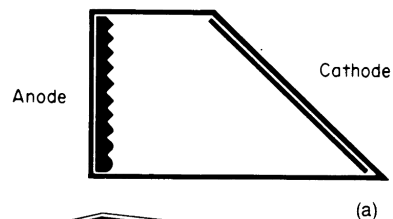
Elektrokémiai fémleválasztás – Fémleválasztás speciális eszköztára és galvántechnika - 7  
Péter László, MTA Wigner FK

## Az összetétel – áramsűrűség függvény meghatározásának módjai

A Hull-cella (a) felülnézet, (b) távlati nézet

Függőleges elhelyezkedésű anód és katód, egymással nem párhuzamos helyzetben: ez pontról pontra változó elektródtávolságot jelent.

Az anód megnövelt felületű. Ennek célja az, hogy az anódon az elektródimpedancia minél kisebb legyen, és az anódreakció impedanciája nem legyen meghatározó tényezője az árameloszlás kialakításának.



A mérhető paraméterek:

A vastagság függése a katódon belüli pozíciótól  
(információs a szórókéességéről, 1 komponensű bevonat esetén);

Az összetétel áramsűrűség-függése  
(kombinált vastagság- és összetétel-függés, ötvözet esetén)

A felületi sajátságok (pl. érdesség) áramsűrűség-függése

Elektrokémiai fémleválasztás – Fémleválasztás speciális eszköztára és galvántechnika - 8  
Péter László, MTA Wigner FK

## Az összetétel – áramsűrűség függvény meghatározásának módjai

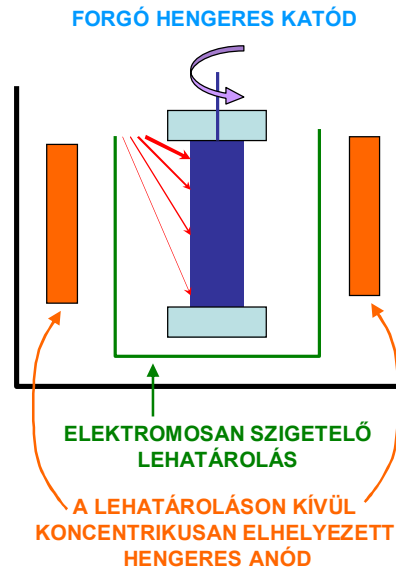
### A forgóhengeres Hull-cella

Függőleges tengelyű forgó henger (akárcsak a forgó hengeres elektródnál), de:

Speciális anódpozíció és lehatárolás, ami aszimmetrikus elhelyezkedést és ezzel együtt egyenetlen árameloszlást biztosít.

A piros nyilak viszonylagos vastagsága a lokális áramsűrűség változását jelzi a forgó hengeres katód hosszirányában mentén.

(Vegyük észre, hogy különböző célok érvényesülhetnek: a gyakorlatban minél egyenletesebb bevonatot szeretnénk kapni, míg a kutatásban a cél az ellenkezője is lehet, ha egy mintakészítési lépéssel akarunk teljes paraméter tartományokat feltérképezni.)



Elektrokémiai fémleválasztás – Fémleválasztás speciális eszköztára és galvántechnika - 9  
Péter László, MTA Wigner FK

## A Hull-cellák előnyei és hátrányai

### Ami a különféle Hull-cellákkal megmérhető:

- A bevonat vastagságának függése a mintán belüli pozíciótól, ezáltal:
- A bevonat összetételének függvénye az effektív áramsűrűségtől
- A bevonat kristálytani paramétereinek függése az áramsűrűségtől
- A bevonat felületi jellemzőinek (pl. érdesség) függése az effektív áramsűrűségtől
- Az átlagos áramhatásfok

### Ami a Hull-cellákkal végzett kísérletből nem derül ki:

- Az áramhatásfok mint az áramsűrűség függvénye
- Az összetétel mint a teljes áramsűrűség függvénye (mivel a vastagság méréséből csak a hatásos áramsűrűséget tudjuk meg, a teljesét nem!)

Elektrokémiai fémleválasztás – Fémleválasztás speciális eszköztára és galvántechnika - 10  
Péter László, MTA Wigner FK

## Néhány szó a galvanizálás üzemi gyakorlatáról

### Galvántechnikai kezelés megvalósítása „nagy” egyedi méretű mintadaraboknál:

- A mintadarabot egyedi felfüggesztéssel, megfelelően egymás mellett sorolva kell a galvánfürdőbe meríteni (rack galvanization)

### Galvántechnikai eljárás „kis” egyedi méretű mintáknál (pl. szög, csavar stb.):

- Ún. dobgalvanizálást lehet alkalmazni (barrel galvanization)

Érdekes azonosság, hogy egyik eljárás esetén sem tudjuk pontosan az egyes mintadarabokon áthaladó áramot.

## Dobgalvanizálás

Elv:

A mintadarabokat egyedileg nem tudjuk kezelni, de a munkadarabok tömegének folytonos átforgatása során az egyes részeken keletkező bevonat vastagság nagyjából azonos lesz.

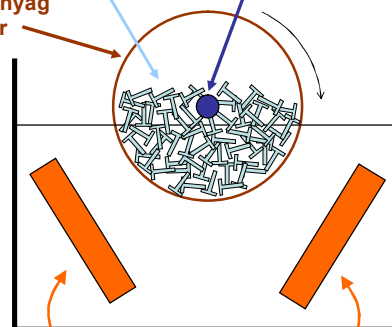
Áram bevezetés: a forgó tengelynél, ami a folyadékszint felett helyezkedik el (a rajta képződő bevonat vastagsága kicsi; az áramot a vezető munkadarabok tömege vezeti el a tengelytől).

Anód: gyakran anódzsákban elhelyezve, különösen oldódó anód esetén (oldódással kapcsolatos szerkezeti dezintegráció miatt)

kisméretű, bevonatolandó munkadarabok halmaza

lukacsos falú forgó műanyag henger

forgástengely és egyben árambevezetési pont



#### A galvanizálást megelőző és követő lépések

##### A galvanizálási részlépés előtt:

- Mosás, zsírtalanítás, olykor a felület marása (oxid eltávolítás)
- Öblítés minden két részlépés között (kölcsönös komponens-áthordás csökkentése)

##### A galvanizálási részlépés után:

- Öblítés, passziválás

Az adott bevonat kialakításához szükséges merítések száma akár 10-12 is lehet.