دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی و علم مواد

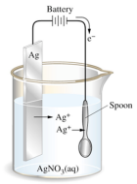
درس اصول مهندسی سطح

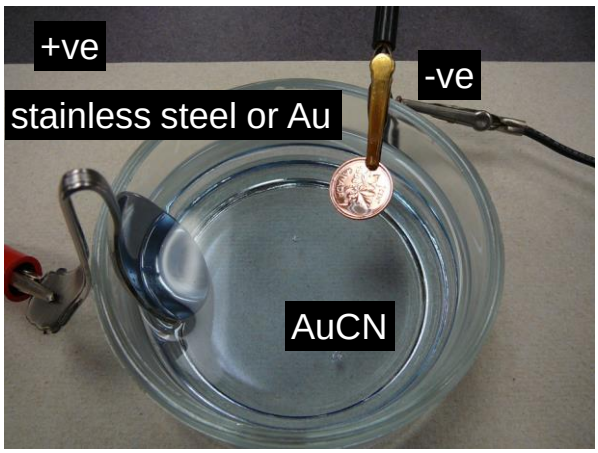
مدرس: مهدی خدایی
khodaei@kntu.ac.ir
wp.kntu.ac.ir/khodaei

5-Plating

آبکاری Electro Plating

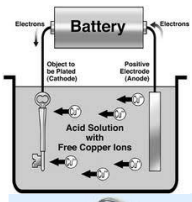
- یک وان الکترولیت حاوی یون ماده پوششی
- کاتد، قطعه کار و آند از جنس ماده پوششی ویا خنثی میباشد.
- نوع جریان **DC** (یا برحسب مورد جریان پالسی)
- هرچه فلز ما فعال تر باشد، شانس احیاء هیدروژن نیز در سطح قطعه کار وجود دارد.





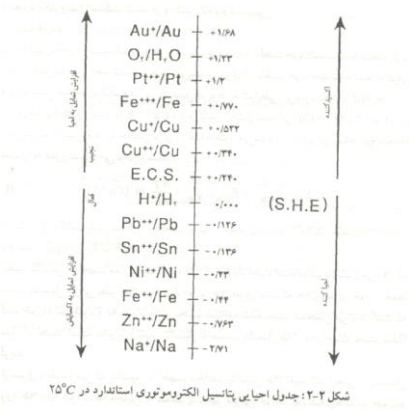
Areas of Application

- Oil & Gas
- Chemical Processing
- Plastics
- Textile
- Automotive
- Aviation & Aerospace
- Food & Pharmaceutical
- Electronics



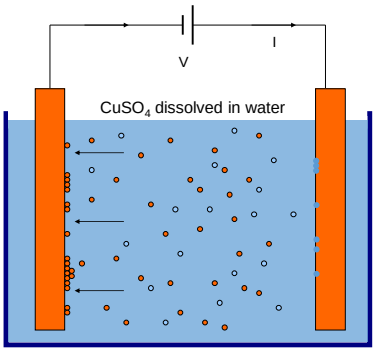
Plating Advantages

- Corrosion resistance
- Wear resistance
- Improves appearance
- Decorative
- Improves solderability
- Reduces friction
- Improves paint adhesion
- Alters conductivity
- Radiation shielding



شکل ۲-۲: جدول احیایی پتانسیل الکتروموتوری استاندارد در ۲۵°C

Electroplating Cell



آبکاری الکتریکی Electroplating

- برای رسوب یک اکی والان گرم از مواد **96500** کولن الکتریسیته نیاز است.

$$m = \frac{A}{n} \times \frac{It}{96500}$$

- **A**: عدد جرمی روکش
- **n** : ظرفیت روکش
- **I**: شدت جریان
- **t** : زمان آبکاری
- جریان معمولاً به صورت دانسیته جریان داده می شود.

آبکاری الکتریکی Electroplating

- در بعضی مراجع از رسوب حاصل از یک آمپر ساعت استفاده می کنند.
- کولن **Ah= 3600**

$$\frac{96500}{3600} = 26.8\,\text{Ah}$$

- برای رسوب **1** اکی والان گرم **26.8** آمپر ساعت نیاز است.

$$\text{هم ارز الکترو شیمیایی} = \frac{\text{عدد جرمی}}{\text{ظرفیت} \times 26.8} = \frac{\text{اکی والان گرم}}{26.8}$$

آبکاری الکتریکی Electroplating

- جرم رسوبی که در عمل حاصل می شود کمتر از فرمول است.

$$R = \frac{m'}{m}$$

- **R**: راندمان پوشش
- **m/**: جرم رسوب واقعی
- **m**: جرم رسوب تئوری

- راندمان پوشش **100%** نمی باشد چون مقداری الکتریسیته صرف آزاد کردن هیدروژن می شود.

آبکاری الکتریکی Electroplating

- پدیده استخوان سگی: رسوب درلبه ها بیشتر و در وسط قطعه کمتر می باشد.
- برای مقابله با این پدیده، پارامتری به نام قدرت پرتاب وجو دارد.
- قدرت پرتاب یعنی توانایی یک محلول آبکاری برای غلبه بر این مشکل و ایجاد پوشش یکنواخت.

آبکاری الکتریکی Electroplating

- مثال:
- هم ارز الکتروشیمیایی روی:

$$C_{Zn} = \frac{63.38}{2 \times 26.8} = 1.2195 \approx 1.22\,\frac{gr}{A.h}$$

- هم ارز الکتروشیمیایی نقره:

$$C_{Ag} = \frac{107.88}{1 \times 26.8} = 4.046\,\frac{gr}{A.h}$$

آبکاری الکتریکی Electroplating

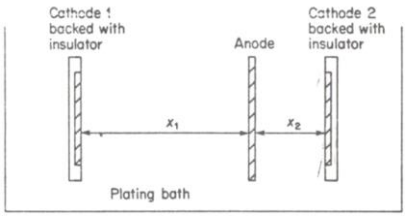
- قدرت پرتاب : **Throwing Power**

$$T.P = \frac{(K-M)\times 100}{K+M-2} \qquad -100 \le T.P \le 100$$

- اگر **T.P=100** باشد، در این صورت **M=1** می شود یعنی جرم رسوب مستقل از فاصله آند و کاتد است.
- اگر **T.P=0** باشد، در این صورت **K=M** می شود یعنی جرم رسوب بستگی به فاصله آند و کاتد دارد.
- اگر **T.P=-100** باشد، در این صورت محلول نسبت به تغییر فاصله بسیار حساس است و با کمترین تغییر در فاصله، تغییر جرم محسوس است.

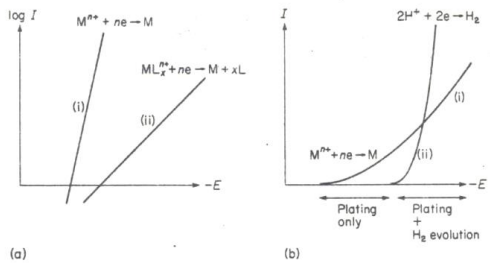
$K = \frac{x_2}{x_1}$ ← **K: نسبت فاصله ها (فاصله بیشتر به کمتر)**

$M = \frac{w_1}{w_2}$ ← **(نسبت بیشتر به کمتر)**



آبکاری الکتریکی Electroplating

- راههای افزایش قدرت پرتاب:
  - ✓ افزایش هدایت الکترولیتی محلول
  - ✓ استفاده از نمکهای کمپلکس (کاهش شیب خط تافل)
  - ✓ انجام واکنشهای رقیب یا ترغیب واکنشهای دیگر مثلاً آزاد سازی یون هیدروژن



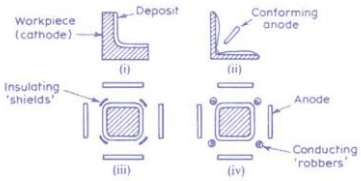
آبکاری Electro Plating

- اجزای حمام آبکاری:

1. نمک ماده پوششی (به صورت ساده یا کمپلکس)
2. عامل الکترولیتی (افزایش هدایت الکتریکی و کنترل **PH**)
3. عامل کمپلکس کننده: چند نقش دارد:
   - ✓ بهبود قدرت پرتاب
   - ✓ جلوگیری از **Passive** شدن سطح آند و کمک به حل شدن آند

آبکاری الکتریکی Electroplating

- استفاده از آند کمکی (یا استفاده از چند آند)
- هم زدن محلول
- استفاده از جریان پالسی



مکانیزم رسوب و رشد لایه در فرایند آبکاری

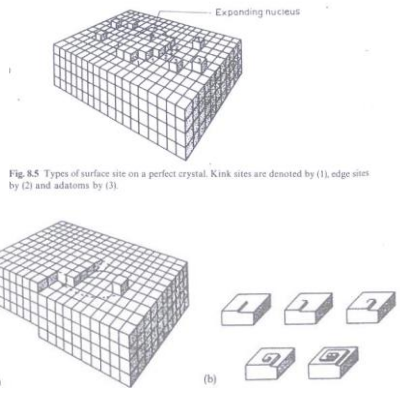


Fig. 8.5 Types of surface site on a perfect crystal. Kink sites are denoted by (1), edge sites by (2) and adatoms by (3).

آبکاری الکتریکی Electroplating

4. افزودنیهای آلی:

- **Leveller** : مسطح کننده
- **Brightner** : براق کننده

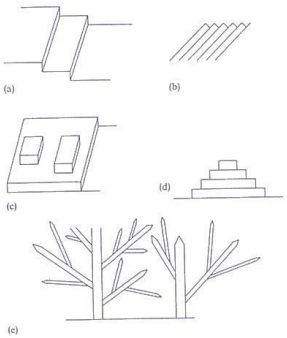
چند نقش دارند:

- ✓ ایجاد پوشش یکنواخت
- ✓ اصلاح ساختار پوشش (کاهش تنش و احتمال ترک)
- ✓ کمک به ترشوندگی سطح و جلوگیری از حبس شدن هیدروژن

آبکاری پلاستیک

- مشکلات موجود در آبکاری پلاستیک:
  1. ***سطح پلاستیک هادی نمی باشد.***
  2. ***سطح پلاستیک آب گریز می باشد.***

- برای آب دوست کردن سطح پلاستیک، آن را در مخلوطی از اسید کرمیک، فسفریک و سولفوریک قرار می دهند.
- در مرحله بعدی پلاستیک را درمحلول کلرید قلع و پالادیم قرار می دهند، در این حالت پالادیم روی سطح قطعه می نشیند.



Electroless Plating

- عملیات رسوب نشانی بدون استفاده از جریان الکتریکی
- در اینجا محلول آبکاری علاوه بر یون ماده پوششی باید حاوی عامل احیاءکننده نیز باشد.
- ایجاد پوشش Cu، Ni، Fe، Co، Ag، Au، Pt به روش الکترولس

آبکاری پلاستیک

- سپس، قطعه را به روش الکترولس آبکاری مس یا نیکل می کنند.
- بعد از نشاندن یک لایه نازک مس یا نیکل سطح قطعه هادی شده و می توان آن را به روش **Electro Plating**، آبکاری کرد.
- درروش الکترولس نیازی به جریان الکتریسیته نمی باشد.
- در آبکاری پلاستیک ها به دلیل استفاده از روش الکترولس، محلول نمک باید دارای عامل احیاء کننده باشد.

Electroless Plating

- ایجاد پوشش نیکل به روش الکترولس:

نمک ماده پوششی: رسوبات نیکل

عامل احیاء کننده: هیپوفسفیت سدیم

$$(H_2PO_2)^- + H_2O \longrightarrow H^+ + (HPO_3)^{2-} + 2\,H_{atomic}$$

$$Ni^{2+} + 2H_{abs} \longrightarrow Ni + 2H^+$$

Electroless Plating

- مزایا و معایب روش الکترولس:

1. سرعت کمتر
2. پوشش دهی قطعات غیرهادی
3. عدم وجود مشکل قدرت پرتاب (ایجاد پوشش یکنواخت)
4. گرانتر بودن محلول الکترولس نسبت به محلول الکترپلیت
5. امکان ایجاد پوشش آلیاژی مثلاً نیکل فسفر (به دلیل وجود عامل احیاء کننده)
6. امکان انجام عمل احیاء در محلول به دلیل وجود همزمان عامل احیاء کننده و نمک ماده پوششی

Electroless Plating

- کمپلکس کننده: جلوگیری از انجام واکنش خود به خود
- شتاب دهنده: افزایش سرعت واکنش در سطح قطعه
- بازدارنده
- پایدار کننده
- حرارت

Electroless Plating

- رسوب فسفر در کنار نیکل

$$(H_2PO_2)^- + H_{abs} \longrightarrow H_2O + OH^- + P$$

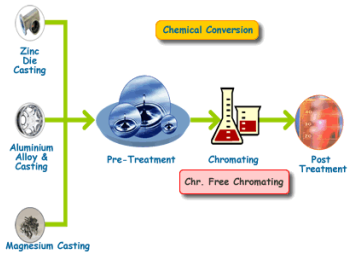
- انجام واکنش زیر تاثیری در احیای نیکل ندارد و باعث کاهش راندمان آبکاری می شود.

$$(H_2PO_2)^- + H_2O \longrightarrow H^+ + (HPO_3)^{2-} + H_2$$

آندایزینگ

- فرآیندی است که در آن قطعه کار آند و کاتد می تواند مس یا فولاد باشد. در این فرآیند محلول قابلیت اکسید کنندگی دارد.
- فرآیند آندایزینگ بیشتر برای Al استفاده می شود ولی قطعات Ti و Mgرا نیز آندایزینگ می کنند.
- اسید سولفوریک، کرمیک و اگزالیک برای آندایزینگ استفاده می شوند.

Conversion Coating



آندایزینگ

- کاربر لایه متخلخل:
- آندایزینگ رنگی
- کاهش اصطکاک (درتریبولوژی)
- آندایزینگ رنگی آلومینیم:

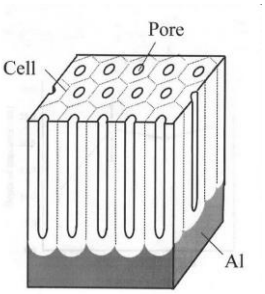
ابتدا قطعه را آندایز می کنند تا لایه اکسیدی متخلخل ایجاد شود ، سپس قطعه را در محلول رنگی قرار می دهند تا رنگ به داخل تخلخل ها نفوذ کند.

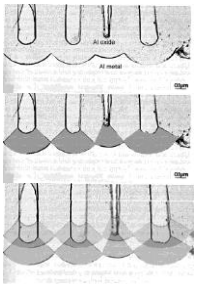
- بعد از آندایزینگ رنگی با استفاده از جریان AC، برای ایجاد رنگ های مختلف عناصری مثل Ni یا Co را روی سطح می نشانند.

آندایزینگ

- محدوده دمایی درآندایزینگ: 20 - 25 ̊C
- محدوده ولتاژ: 0-50V
- دانسیته جریان : 10-20
- نوع جریان: DC
- ضخامت لایه: 10-20 میکرون
- در آندایزینگ مسئله قدرت پرتاب وجود ندارد.
- لایه اکسید آلومینیم شامل دو قسمت می باشد:
- لایه متخلخل
- لایه متراکم

Porous Anodize Formation

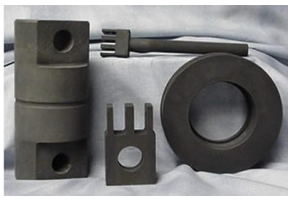




فسفاته کردن *Phosphating*

- جزء فرآیندهای تبدیلی می باشد و دراثرواکنش شیمیایی سطح قطعه فسفاته می شود.
- خواص لایه فسفاته:
  - نفوذ ناپذیری و مقاوم به خوردگی
  - عایق خوب (در دینام ها)
  - کاهش اصطکاک
- عمده کاربرد لایه فسفاته، به عنوان لایه محافظ و قبل از رنگ زدن می باشد.

Chromating کروماته کردن



- لایه ای از ترکیبات اکسید کرم و اکسید فلز

Cr_2O_3, $MO.xH_2O$

- ترکیبات کرم دارای طیف گسترده ای از رنگ ها می باشند که بسته به ترکیب شیمیایی و ضخامت تغییر می کند.
- خواص لایه کروماته:
  - افزایش مقاومت به خوردگی
  - ایجاد پوشش محافظ فلزی
  - اعمال راحت پوشش های آلی روی آن
  - ایجاد رنگ های مختلف