

موضوعات درسی :

* اهداف حفاظت - ترمودینامیک و سینتیک - آماره سازی سطوح

* روش های پوشش دهی :

پاشش فلزات - الکترولیز - نفوذی : CVD * PVD - الکترولس - غوطه وری

در مذاب - آندایز Al - فسفاتة ، کروماتة .

* آزمایش ها

یکی از اهداف ، جلوگیری از خوردگی است بخصوص امروزه که هزینه ها بالا رفته است و برای بهینه سازی آن باید از خوردگی جلوگیری کرد . در اثر خوردگی ، محیط نیز آلوده میشود .

شرط اقتصادی بودن طبق فرمول کلی از prof. Uhlig :

$$100 \frac{\Delta t}{t} \left(1 + \frac{L}{C}\right) - 100 \frac{\Delta C}{C} > 0$$

↑ هزینه کارگر
↑ هزینه مواد حفاظتی
↑ هزینه مواد اولیه
↑ افرایش عمر

فرمول خام برای اقتصادی بودن روش حفاظت .

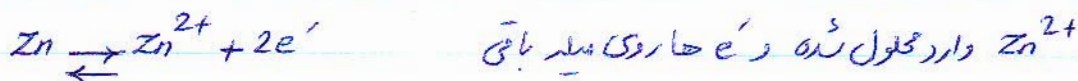
افزایش عمر باید متناسب با بقیه ای اجزا باشد .

در صنایع پزشکی بیشتر از st. st. استفاده می کنیم چون راحت تر استریل می شود .

پتانسیل:

پتانسیل شیمیایی (μ): تغییرات انرژی آزاد برای یک مول ماده: $\mu = \frac{\partial G}{\partial n}$ پتانسیل الکتروشیمیایی: $\bar{\mu} = \mu + zFE$
پتانسیل الکتریکی $\Delta \bar{\mu} = \Delta \mu + zF \Delta E$ در حالت تعادل: $\Delta \bar{\mu} = 0$ در حالت استاندارد: $\Delta G^\circ = -zFE^\circ$ ، $\Delta G = -zFE$ ، $\Delta \mu = -zF \Delta E$ در تعادل

مفهوم فیزیکی: میله‌ی فیزی روی رادر محلول مثلاً محلول آبی قرار می‌دهیم:



می‌ماند ← بارهای مثبت روی میله جذب می‌شود. دیگری بار منفی در باره مجاور آن

قرار می‌گیرد. مجموعی غرق، لایه‌ی مضاعف نام دارد.

IHL OHL

→ ← t



(random)

t: ضخامت لایه‌ی مضاعف: 1nm

H: هلمهولتز. این چیدمان در فواصل جلوتر به هم ریخته می‌شود

تغییرات پتانسیل: $E^\circ \approx -0.76 \text{ V}$ این اختلاف پتانسیل در فاصله‌ی 1nm: 10^7 V/cm

برای اینکه یون‌ها از این سطح عبور کنند تا اکسیداسیون یا احیاء رخ دهد باید این پتانسیل یا انرژی

فراهم شود. در مورد مس Cu، برعکس است. و میله بار مثبت پیدا می‌کند.

مباحث فوق در کتاب wranglen موجود است.

در این درس از E استفاده می‌کنیم که همان پتانسیل احیائی است: $E_{Fe^{2+}/Fe}^{\circ} = -0.44$

واکنش $Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e^{-}$ یک واکنش تعادلی است و مسیر رفت و برگشت علامت

های مختلفی در ΔG° دارند. در نتیجه علامت‌های E هم $\pm$ است. در روابط $\Delta G^{\circ} = \pm nFE^{\circ}$

است؛ اما برای راحتی برای E علامت مثبت و منفی می‌گیریم.

پیل الکتروشیمیایی:

اگر دو تیغی Zn و Cu را به هم وصل کنیم $\leftarrow$ پیل.

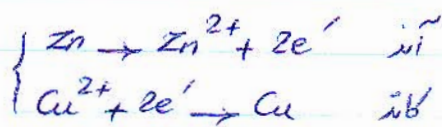
$$E_{Zn} = -0.76$$

آند

$$E_{Cu} = +0.34$$

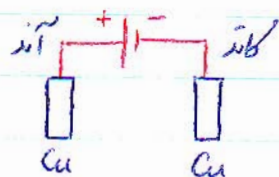
کاتد

این پتانسیل در محلول‌های مختلف فرق می‌کند.



Cu احیاء Zn اکسید می‌شود. بین این دو

هم، اختلاف پتانسیل وجود دارد. پتانسیل آند منفی است. واکنش شیمیایی ایجاد الکتریسته



می‌کند.

در قطب مثبت، اکسیداسیون می‌داریم.

علامت‌ها در این جا عوض شد چون پیل الکتریکی داریم: آند $\leftarrow$ مثبت.

اما همیشه کاتد: احیاء و آند: اکسیداسیون.

در آبخاری از پیل الکتریکی استفاده می‌کنیم. یعنی خودمان انرژی مصرف می‌کنیم. یعنی انرژی الکتریکی به شیمیائی تبدیل می‌شود.

در هر دو پیل، اگر هادی الکتریکی قطع شود، واکنش‌ها متوقف می‌شود. اگر سطح تیغه‌ها را رنگ کنیم و یا از بازدارنده استفاده کنیم، این واکنش‌ها متوقف یا کند میشوند. در آبخاری برعکس است و واکنش‌ها را سریع می‌کنیم.

پتانسیل استاندارد یا الکتروشیمیائی:

مقدمه.

فشار حل شدن الکترولیتی (P): اگر نمک در آب بریزیم در آن حل میشود و تعادل ذاتی دارد

که حل شود تا اینکه به حالت اشباع می‌رسد. این تعادل P نام دارد.

فشار اسمزی (p): تعادل به خارج شدن از حالت محلول.

در حالت تعادل: $p = P$. همانقدر که اتم وارد محلول میشود، همانقدر هم خارج میشود.

این جریان نه است: دانسته‌ای جریان یاباری. $(\Delta \bar{\mu} = 0)$ $i_a = i_c = i_0$

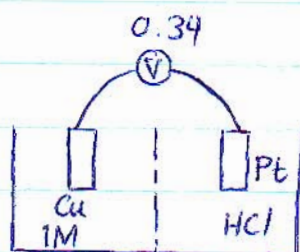
بنابراین در تعادل مقدار یون در محلول ثابت است. $I_{net} = |i_a - i_c|$

در این حالت $I_{net} = 0$ if: $i_a > i_c \rightarrow P > p$

با افزایش دما، اکسیداسیون یا اختلال زیاد میشود.

P و p را جداگانه نمی توان اندازه گرفت. باید نسبت به چیز دیگری سنجید. ما اختلاف

این دو را محاسبه می کنیم.



دلت پنج Cu (P-p) و (P-p) هیدروژن را

بدست می دهد. اما طبق قرارداد Cu (P-p) را صفر

در نظر می گیریم: $P = P = 0.34$. اگر جای سیم ها را عوض کنیم، $0.34 -$ می شود.

چیزی که مهم است اگر Cu را در محلول 1M قرار دهیم، به هر مدت زمانی، حوزده نمی شود

پس منسحب است و عدد $+0.34$ درست است.



علامت ها را در ΔG اثر می دهیم.

تیغی رنگر Platinized Platinum است. یعنی دلتا اثر هیدروژن برای احیای بر روی

۸۶ / ۱۱ / ۲۸

آن کم است.

اگر الکترود Zn را در محلول HCl قرار دهیم، Zn خورده می شود. پتانسیل Zn منفی است.



Zn یک فشار حل شدن (P) و H^+ یک فشار اسمزی (p) دارد. اما $P_{\text{Zn}} > p_{\text{H}^+}$

یعنی اول Zn را در محلول می شود و بعد H^+ جذب الکترود می شود.

اما برای Cu برعکس است. یعنی: $P_{Cu} < P_{H^+}$.

اگر تیغی Fe را در محلول $CuSO_4$ قرار دهیم: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$; $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

مس رسوب می‌کند و تیغی Fe از Cu پوشیده می‌شود و قرمز رنگ می‌شود و بعد واکنش متوقف می‌شود. ضخامت این لایه از Cu حداکثر در حد nm است.

در مورد st.st. آهن خورده نمی‌شود چون روی سطح Cr موجود است.

در مورد Al هم مثل Fe است. اگر هر دو تیغی Fe و Al را در محلول فوق قرار دهیم

روی هر دو رسوب Cu داریم.

اگر دو تیغ به هم وصل شوند: ضخامت Cu رسوبی روی Fe بیشتری شود چون پتانسیل Al

منفی‌تر است. یون‌های کبب تراز Fe روی Fe می‌نشیند. مثلاً یون Al اگر در محلول

موجود باشد، روی تیغی Fe نمی‌نشیند. در اتصال تیغی Al و Fe، مقداری e^- از Al

به Fe می‌رود $\leftarrow$ احیای Cu^{2+} روی Fe بیشتر می‌شود.

محاسبه پتانسیل الکترود اکسایش و هیدروژن:

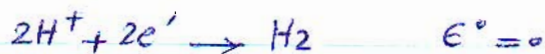
در مورد هیدروژن، در محیط اسیدی و قلیایی دو جور واکنش داریم.



$$\frac{\Delta G}{-ZF} = \frac{\Delta G^\circ}{-ZF} - \frac{RT}{ZF} \ln \frac{[Red]}{[Ox]}$$

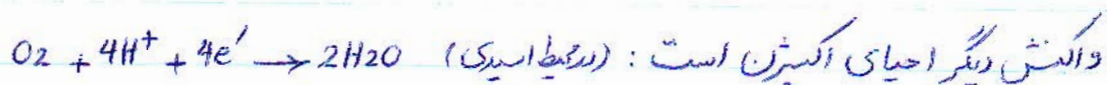
(V) ۸۴/۱۱/۲۸

$$E = E^{\circ} + \frac{2.3 RT}{zF} \log \frac{[Ox]}{[Red]} = E^{\circ} + \frac{0.059}{n} \log \frac{[Ox]}{[Red]}$$



$$E = 0 + \frac{0.059}{n} \log \frac{[H^{+}]^2}{P_{H_2} = 1 \text{ atm}} = 0.059 \log [H^{+}] = -0.059 \text{ pH}$$

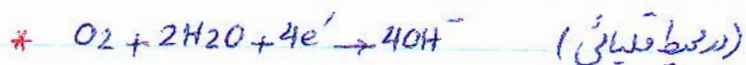
در محیط قلیائی واکنش احیای هیدروژن بصورت زیر است:



$$\Delta G^{\circ}: \quad \circ \quad \circ \quad -56.7 \text{ kcal/mol}$$

$$E^{\circ} = \frac{-2 \times 56700 \times 4.18}{4 \times 96500} = 1.23 \text{ (V)}$$

$$E^{\circ}_{\text{قلیائی}} = E^{\circ}_{\text{اسیدی}} + \frac{0.059}{4} \log \frac{P_{O_2} [H^{+}]^4}{[H_2O]^2} = 0.4 \text{ (V)} \quad \text{در } pH=14$$

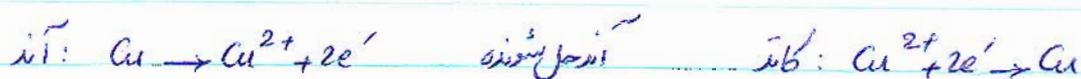


به جای محیط اسیدی در قلیائی می توان گفت در حضور هوا و غیرهوا.

این پتانسیل $0.4^{(V)}$ مربوط به واکنش * است چون $pH=14$ در محیط قلیائی است.

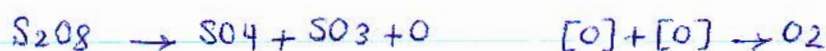
الکترولیز:

قطب مثبت پتانسیو است: آند (+) و قطب منفی: کاتد



اگر آند Pt باشد، غیر محلول است. در کاتد، رسوب مس را هم چنان داریم. روی آند چه

واکنشی داریم؟ اگر محلول CuSO_4 غنیظ باشد: $2\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{S}_2\text{O}_8$



پس روی آند، O_2 آزاد می شود. (تصادد O_2)

اگر محلول CuSO_4 رقیق باشد: $2[\text{O}] \rightarrow \text{O}_2$ $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}^+ + [\text{O}] + 2\text{e}'$

پس در آند نامحلول تصاعد O_2 داریم.

حمام از غلظت تشکیل شده است که دارای یون مناسب مورد نظر باشد. پس انتخاب نمک هم

همچنین است: $\left. \begin{array}{l} \text{نمک} \\ \text{آند محلول} \\ \text{آند غیر محلول} \end{array} \right\} \begin{array}{l} * \text{ اسید} \\ * \text{ باز} \end{array}$

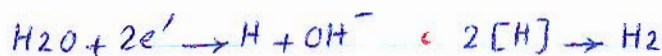
در مورد اسید و باز، آند باید غیر محلول باشد تا یون جدید وارد محلول نشود.

در محلول H_2SO_4 : روی آند (غیر محلول) تصاعد O_2 و روی کاتد تصاعد H_2

داریم.

در محلول NaOH : پتانسیل Na خیلی منفی است و شانس رسوب ندارد چون به

پتانسیل زیادی نیاز دارد و قبل از اینکه به آن برسیم به واکنش زیر می برسیم:



برای الکترود مرجع از تیغی پلاتین بکراه یک لایه پلاتین سیاه روی آن استفاده میشود.

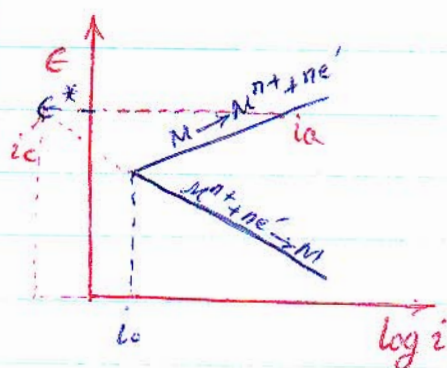
این لایه موجب زبر شدن سطح Pt میشود ← اور و تبار احیای H^+ روی آن کم می شود

H^+ راحت تر احیا شده ← تقاعد H_2 بیشتر میشود.

* چه پارامترهایی در الکترودلتر موثر است:

۱- پلاریزاسیون: تغییر پتانسیل در اثر عبور جریان؛ تغییر پتانسیل از حالت صفر و حالتی

که جریان عبور می کنند.



$i_a = i_c = i_0$: دانسیته‌ی جریان تبادل

این حالت یعنی الکترود در داخل محلول یعنی:

i_0 : rate رفت و برگشت $M \rightleftharpoons M^{n+} + ne'$

اگر در $E = E^*$ باشیم (اقراس پتانسیل): فلز اکسید می شود. اختلاف این دو در نمودار

I_{net} می شود که از مداری گذرد. در اثر عبور این جریان I_{net} ، پتانسیل تغییر کرده است

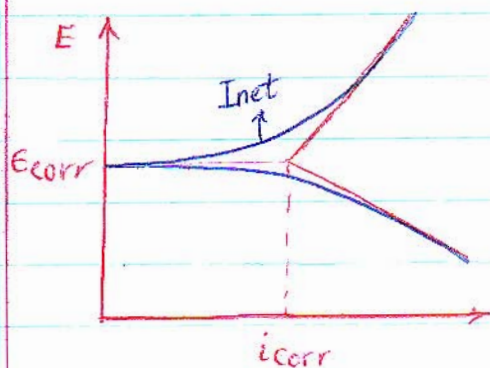
که پلاریزاسیون نام دارد. برای خوردگی بیشتر به پتانسیل بیشتری نیاز داریم.

با منفی کردن پتانسیل (منفی تر)؛ از حالت تعادل دورتری شویم. هرچه پتانسیل منفی تر باشد

i_c بیشتری شود یعنی جریان رسوب بیشتری شود یعنی آلودگی بیشتر.

اگر منفی را بر حسب I_{net} رسم کنیم:

(۱۰) ۸۶ / ۱۱ / ۲۸

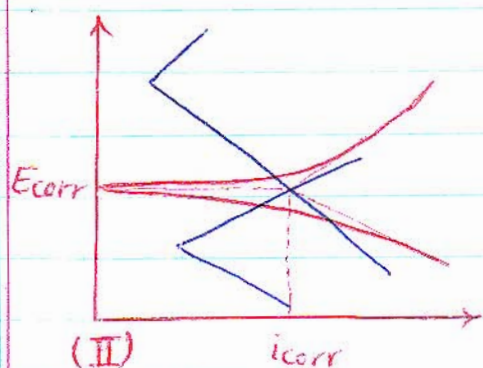


در i_{net} های بزرگتر ، نمودار زیر روی نمودار

قبلی (پلاریزاسیون) می افتد .

در حالتی که ما برای یک فنر کشیده ایم :

$$i_{corr} = i_0$$



همه ی واکنش های آندی با هم و همه ی واکنش های

کاتدی را با هم جمع می کنیم

در حالتی که ما یک فنر را بررسی می کنیم در $i = i_0$ ، $i_{net} = 0$.

در آزمایشگاه منحنی های قرمز رنگ بدست می آید . (نمودار II)

۸۶ / ۱۱ / ۳۰

عوامل مختلفی در میزان پتانسیل تأثیری گذارد :

(۱) پلاریزاسیون غلظتی :



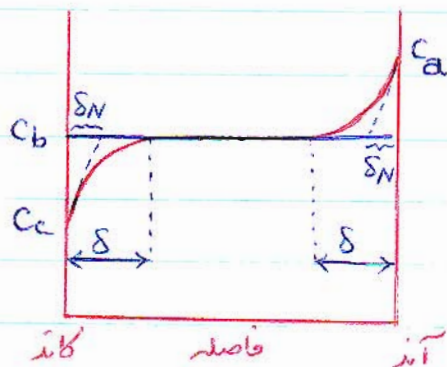
دو تیغی Cu را در محلول $CuSO_4$ قرار می دهیم .

در لحظی شروع کار ، غلظت در هر جا C_b و ثابت است . با عبور

جریان ، Cu در آند حل شده و در محلول می رود و در کاتد برعکس است و رسوب رخ می دهد .

اگر بعد از مدتی غلظت مس (Cu^{2+}) را در آند و کاتد اندازه بگیریم :

در مجاورت آند ازمس غنی است (ca) و در کاتد کمتر است (cc)



δ_N : لایه دیفیوژنی مرست

δ : لایه دیفیوژنی

$$E_{i=0} = E^{\circ} + \frac{0.059}{2} \log(c_b)$$

$$E_i = E^{\circ} + \frac{0.059}{2} \log(c_i)$$

برای آند : $c_i = c_a$ کاتد : $c_i = c_c$

$$c_i = c_a \rightarrow \Delta E = \frac{0.059}{2} \log \frac{c_a}{c_b} > 0 \quad \Delta E \text{ برای آند مثبت و}$$

برای کاتد منفی است . در منحنی پلاریزاسیون هم این مطلب تأیید میشود .

با کم شدن غلظت در مجاورت کاتد (cc) ، نرخ احیاء با مهاجرت یون ها در محلول کنترل میشود .

$$i_L \cdot \delta_N = \text{ثابت}$$

$$\Delta E = \eta_c \quad \text{پلاریزاسیون غلظتی}$$

$$i_L = \frac{DZF C_b}{\delta}$$

i_L : max جریان در سیستم . جریان نمی تواند از این بیشتر شود چون دیفیوژن یون ها محدود است

D : ضریب نفوذ در حدود $10^{-6} \frac{cm^2}{Sec}$

$$\Delta E = \eta_c = \frac{0.059}{2} \log \left(1 - \frac{i}{i_L} \right)$$

در $z = z_L$ ، در منحنی $\epsilon - \log i$ بجانب قائم خواهیم داشت.



در حالت محلول :

پس از قطع جریان ، پس از چند ثانیه پلاریزاسیون ازین

خواهد رفت .

(۲) پلاریزاسیون اهنی : (η_R)

در اثر مقاومت موجود در محلول ایجاد میشود .
 $\eta_R \approx I \cdot R$

اگر مقاومت محلول کم باشد ، این پلاریزاسیون هم نخواهد بود و منحنی آندوکاتده به هم می رسند پس فاصدهی آندوکاتده کم است .

برای اندازه گیری پتانسیل الکترود Fe در محلول $1M - FeSO_4$ الکترود مرجع رادریک

طرف قرار داده و نوک ظرف را تا حد امکان به تیغه نزدیک می کنیم . (نچسبید) $\log i$ probe

باقطع جریان ، پلاریزاسیون در عرض چند میکروثانیه ازین می رود .

(۳) پلاریزاسیون اکتیواسیون : (η_A)

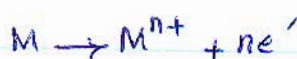
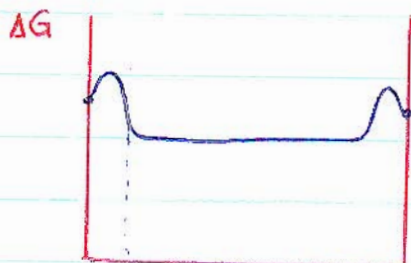
باقطع جریان در عرض چند میلی ثانیه ازین می رود . بدلیل این است که یون ها برای انجام

واکنش باید در مجاورت آندوکاتده باشد . یونها برای جدا شدن را جذب شدن باید از لایه مضاعف

عبور کنند .

در نزدیکی تیغه‌های قله‌ی انرژی وجود دارد. پس برای اینکه وارد محلول شود (اکسید شود) و یا

برعکس باید قله‌ی انرژی را رد کند. (بدلیل لایه‌ی مضاعف)



ne^{-} در تیغه باقی می ماند و M^{n+} وارد لایه‌ی

مضاعف می شود. اما در لایه‌ی مضاعف بگیری اتفاقات دیگری هم می افتد:

که برعکس کاتد است؟

در کاتد هم، M^{n+} در لایه‌ی مضاعف، مولکول‌های مضاعف خود را از دست می دهد اما هنوز

یون است و روی سطح می رود و در سطح بار خود را از دست می دهد. طوری رسوب می کند که انرژی

آزاد سطح را کم کند. این مراحل انرژی‌های اکتیواسیون یکسانی ندارند. پس این پلاریزاسیون

انرژی لازم برای عبور از لایه‌ی مضاعف است. اول $adatom$ می شود و در نهایت

در حالت تعادل $I = I_a$ یا I_c $\alpha = 2^\circ$

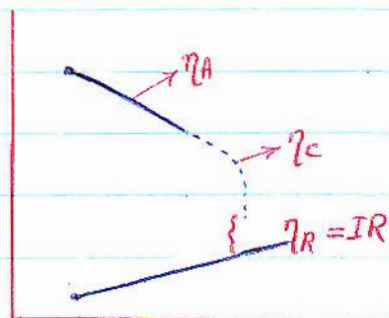
اگر $I < 10^{-2}$ (I خیلی کم) : $\eta_A = \frac{RT}{ZF} \times \frac{I}{i_0}$

اگر $I > 10^{-2}$: (رابطه‌ی تافل) $\eta_A = \beta \log \frac{i}{i_0}$

or $\eta_A = a \pm b \log i$ برای آنری $\eta_A > 0$ و کاتدی $\eta_A < 0$

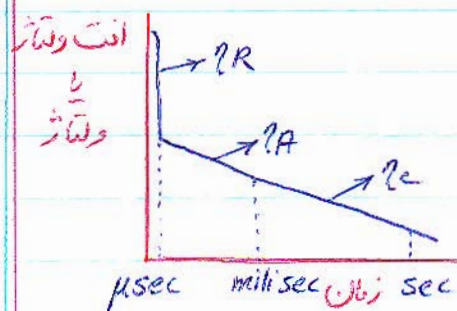
پس $\pm$ قرار داده ایم.

اگر $I \gg i^0$ نقش پلاریزاسیون اکسیواسیون کم می‌شود و غلظتی و اهمی مهم می‌شود.
پس در جریان‌های کم پلاریزاسیون اکسیواسیون اهمیت بیشتری دارد.



$$\eta = \eta_A + \eta_c + \eta_R$$

باقطع جریان :



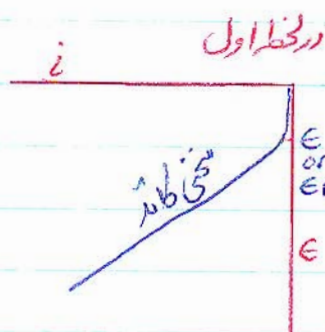
با یک سری یون می‌توان پلاریزاسیون را تغییر داد :

یون‌های کلر، نیترات، ید، ترکیبات ید و گوگرد پلاریزاسیون را زیاد می‌کنند و باعث رسوب کرسیتال‌های درشت می‌شود. دلیلی این‌ها اینی مثل سولفات پلاریزاسیون را کم می‌کنند و باعث رسوب کرسیتال‌های ظریف می‌شود. نکته در آلودگی مطلوب تر است. اما با جریان کم، زمان طولانی می‌شود.
پلاریزاسیون اکسیواسیون (η_A) و دلتا اضافی هیدروژن نام دارد. در آلودگی در حمام هایکری یون‌ها افزوده می‌شود.

در آلودگی از قسمت چپ دیگرام استفاده می‌کنیم و محور افقی $\log i$ است نه i .

مقدار ولتاژی که می تواند موجب تجزیه الکترولیت شود، ولتاژ تجزیه الکترولیت نام دارد. در حین آن گاز هیدروژن متصاعد می شود.

در نقطه ϵ ، i قابل قبول رسیده ایم که حساب ها را



ولتاژ تجزیه

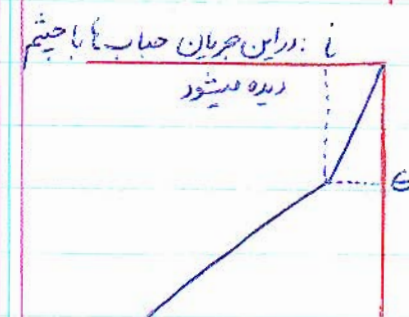
با چشم می بینیم.

حرفاتی که بخواهد در الکترولیت رخ دهد باید

پتانسیل از این پتانسیل بیشتر باشد.

برای هر الکترودی این دیاگرام رسم می شود.

کل ولتاژی که نیاز داریم، بصورت زیر است: پتانسیل



(در هر پتانسیلی با چه جریانی رسوب امکان دارد)

تجزیه الکترولیت حداقل کار است:

پلازما یون + مقاومت مدارها + ولتاژ تجزیه الکترولیت = ولتاژ (با ولت سنج بدست می آید) (ولتاژ افانی)

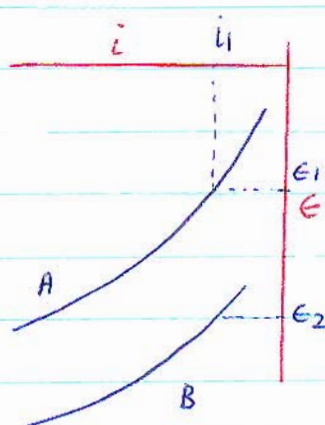
در کارهای علمی پلازما یون به دردی خورد اما در محل کل ولتاژ که تابع ابعاد سل هم است.

چیزی که با الکترود مرجع بدست می آید همان پتانسیل در دیاگرام $(\epsilon - \log i)$ یا $(\epsilon - i)$ است.

در مدار بسته، الکترود مرجع ϵ_1 را نشان می دهد و با باز شدن مدار، پتانسیل روی الکترود

تغییر می کند.

۱۲/۱۲/۸۶ (۱۶)



در $E = E_1$ ، A رسوب می کند در $E = E_2$

هر دو شانس رسوب دارند.

اگر اختلاف پتانسیل A و B از 10^7 کمتر باشد

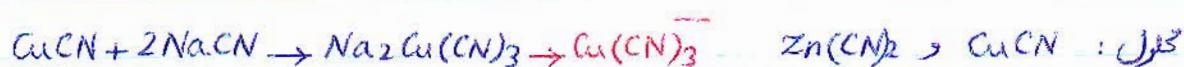
هر دو هم زمان می توانند رسوب کنند. (رسوب آلیاژی)

در مورد مس در روی $(-0.76) - (0.34)$ رسوب برج انجام می شود اما در حمام حاوی سیانید،

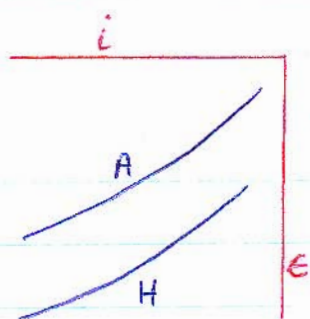
با منفی تر شدن پتانسیل ، پتانسیل این دو به هم نزدیکتر می شود در رسوب آلیاژی اتفاق می افتد.

در $E = E_1$ ، A با جریان i_A رسوب می کند. با افزایش پتانسیل هر دو رسوب می کنند.

در مورد $Cu-Zn$ در حمام سیانید. کمپلکس های مختلفی بوجود می آید: $Na_2Cu(CN)_3$



این کمپلکس اکتیویتی Cu را کم می کند. در $CuCN$ ، ظرفیت مس 1 است در



$CuSO_4$ ، 2 است.

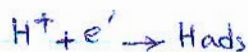
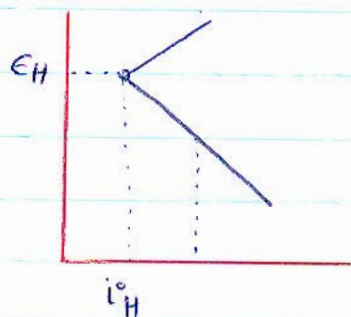
این نمودار امکان احیای هم زمان A و هیدروژن را

نشان می دهد. اگر اتفاق افتد ، امکان خوردگی هیدروژنی

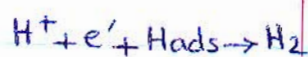
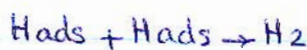
وجود دارد. برای رسوب مس از محلول $CuCN$ استفاده نمی کنیم چون $CuCN$ از Cu گران تر

است اما برای رسوب Cu از محلول حاوی Cu استفاده می کنیم.

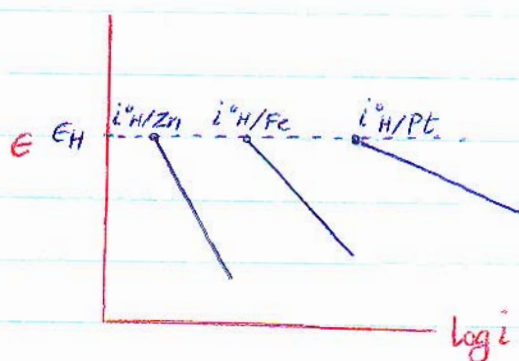
ولتاژ اضافی هیدروژن : پلاریزاسیون اکسیژن هیدروژن



مراحل مختلف:



احیای هیدروژن روی فلزات مختلف در شرایط یکسان.



(Fe, Zn, Pt)

pH=4

$$pH=4 \rightarrow E_H = -0.234$$

روی Pt هیدروژن بیشتر متصاعد

میشود و در Zn کمتر. در Pt شیب کمتر است و i^0 بیشتری دارد.

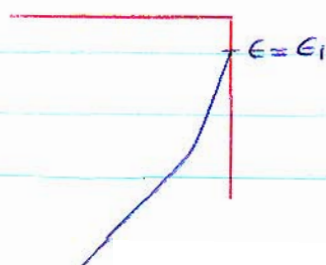
در هر پتانسیل، میزان احیای هیدروژن روی هر یک بدست می آید ← الکترودرج از جنس

Pt است. به نقطه ذوب و صافی و زبری (روی سطح زبر، احیا ساده تر است چون چگالی جریان

کمتر است ← روی Pt، پلاتینیزه ایجاری کنیم) بستگی دارد.

میزان ولتاژ اضافی روی Pt به جریان بستگی دارد. اما در جریان های کم، تقریباً صفر است.

راحت تر بودن احیای هیدروژن روی Pt ← هم i^0 بیشتر است و هم پلاریزاسیون کمتر.



احیا در $E=E_1$ دیده میشود اما ملموس نیست.

مکانیزم نشست:

در دبل لایه (لایه ضاعف) لایه‌ها (بین‌های همراه) خود را از دست می‌دهند. و بعد روی سطح

می‌نشینند. در مراحل بعدی باید دید، رشد چگونه است. [قبلاً بحث شد]

در مورد Cr ، بصورت کوه روی هم می‌نشینند. در مورد Zn سوزنی روی هم می‌نشینند.

یا جوانه زنی لحظه‌ای است یا پیش‌رونده (رشد می‌کند) در مورد آنی در هر لحظه جوانه زنی دیده

میشود. در آمیز (ن) های بالا، پوشش رشد دندرتی دارد. در آمیزهای زیاد، بین‌ها فرصت

ندارند در مکان‌های خود قرار گیرند → رشد دندرتی

نوع مکانیزم رشد را در محلول‌های رقیق و جریان کم مطالعه می‌کنند. در نوع سیستم بتنگی دارد.

رشد اپی تاکسی:

در لحظات اولیه که پوشش می‌نشیند در جایگاهی دارد. قرار می‌گیرند و سعی می‌کنند به تبع فلز پایه

قرار گیرند اما در لحظات بعدی شبکه‌ی خود فلز پوشش تشکیل میشود. با روش‌هایی می‌توان جهت

رشد پوشش را کنترل کرد. مثل رشد تک کریستال از مذاب

رشد جهت دار پوشش برای مقاومت به خوردگی بیشتر و رنگ پذیری پوشش گالوانیزه مفید است.

با کنترل عوامل نشست می‌توان مثلاً رسوب‌های plate با ابعاد نامنظمی ایجاد کرد.

فاکتورهای مؤثر در آلودگی:

- ۱- پلاریزاسیون
- ۲- ولتاژ
- ۳- جریان (چگالی جریان)
- ۴- مقاومت الکترولیت
- ۵- یون مشترک
- ۶- pH
- ۷- دما
- ۸- غلظت محلول
- ۹- توان پرتاب
- ۱۰- توان پوشش
- ۱۱- نوع آندها
- ۱۲- (سرعت مهاجرت یون ها، رده یونیتراسیون)

باید ولتاژ به تجزیه الکترولیت برسد، حداقل. با افزایش بیشتر، جریان زیاده و پوشش زبرتر میشود. افزایش ولتاژ به افزایش پلاریزاسیون به راندها کمتر. در ولتاژهای بالاتر ممکن است یونهای دیگر هم رسوب کنند.

چگالی جریان بالاتر به سرعت کار بالاتر به سطح زبر و ناصاف. با افزودن یون های به جام میون با چگالی های بالاتر به سطح صاف میون رسید. نوع و خلوص این مواد هم مؤثر است: CuCN مقاومت الکترولیت: یعنی توان از قانولن اهم بدست آورد چون پلاریزاسیون هم هست. اما برای سادگی این کار را نمیکنم.

رده یونیتراسیون: روی انتقال بار در محلول تأثیر دارد. درصدی از یون ها در محلول می تواند یونیزه شوند.

هم چنین به غلظت الکترولیت هم بستگی دارد. اسیدهای رقیق خطرناک ترند.

سرعت مهاجرت یون ها: بستگی به اندازه ی آن ها و لیگاند های آنها دارد. هر یون به میزان معینی

(۲۰) ۱۹/۱۲/۷

در محلول می تواند حرکت کند. در شرایطی که ماصلی بین دو الکترود با $V=1$ (V) ، $l=1$ cm باشد،

سرعت یون H^+ ، $11.34 \frac{cm}{hr}$ و Cu^{2+} $1 \frac{cm}{hr}$ است. محلول $CuSO_4$ است.

عدد انتقال کاتیون

$$t_c + t_a = 1$$

سرعت SO_4^{2-} ، $2.13 \frac{cm}{hr}$ است. در محلول، جریان توسط

آنیون ها و کاتیون ها صورت می گیرد.

اگر محلول $CuSO_4$ در جریان مدار 3 (A) باشد، 1 (A) سهم Cu^{2+} و 2 (A) سهم SO_4^{2-} است.

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l}$$

مقاومت الکترولیت :

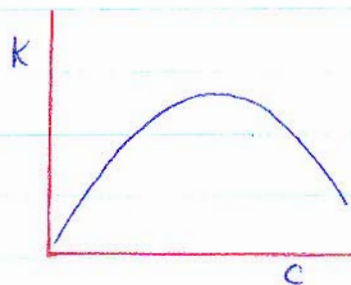
$$K = \frac{1}{\rho} : \text{Simens} : \mu \text{ Simens}$$

برای مقایسه ی محلول ها ، از هدایت مولی و هدایت اکی والان استفاده می کنیم.

$$A_m = \frac{K}{C}$$

$$A_e = \frac{K}{C_e}$$

هدایت اسید سولفوریک بر حسب غلظت :

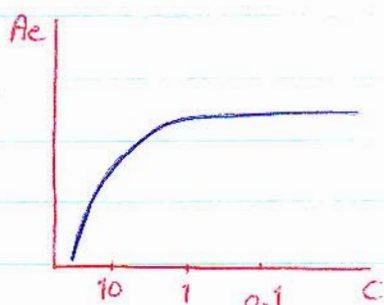


علت : بحث یونیزاسیون است. در غلظت کم

تعداد یون کم به هدایت کم

در غلظت های بالا به یونیزاسیون کم. در 15-25 هم تعداد یون ها در هم یونیزاسیون

ریا راست. (در حد ایستیم)



در صورت می توان درجه یونیزاسیون را حساب کرد :

$$\alpha = \frac{A_e}{A_0} \text{ (درجه یونیزاسیون)}$$

A_0 : هدایت در صورت (هدایت در غلظت 0)

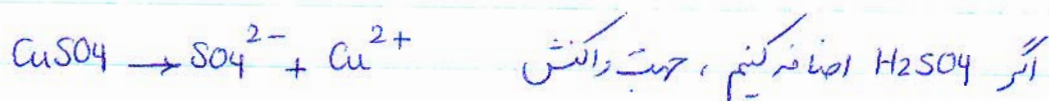
رفتنی تر

* غلظت محلول: هرچه بیشتر شود (چون آبکاری داریم) رسوب بیشتر میشود. پس حمام‌ها غلیظ هستند تا رسوب دهی آسان‌تر باشد. (بیماسیل مثبت تر میشود به تامل به احیا بیشتر یعنی رگش فایده راحت‌تر کار می‌کند.

* یون مشترک: در محلول CuSO_4 برای آبکاری مس. CuSO_4 آبی است. در محلول H_2SO_4

می‌ریزیم تا راحت‌تر احیا شود. مقدار یون SO_4^{2-} زیاد می‌شود و هدایت محلول زیاد میشود.

چون من نجیب تر است زودتر از H^+ احیا میشود.



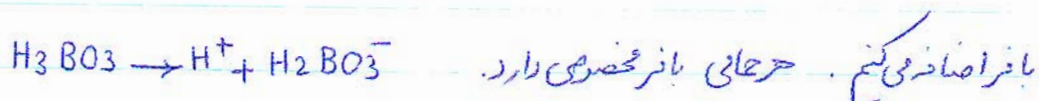
عکس میشود و Cu^{2+} کم می‌شود. Cu^{2+} کم شود، E کم میشود یعنی رسوب سخت‌تر میشود.

$$E = E^\circ + \frac{0.059}{2} \log (a_{\text{Cu}})$$

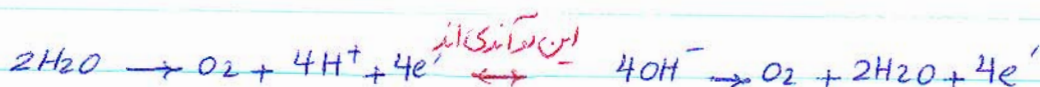
پس H_2SO_4 دو اثر ضد هم دارد. اثر مثبت هدایت غلبه می‌کند نسبت به اثر منفی.

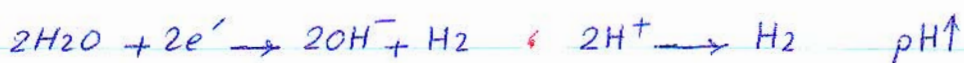
پس اضافه می‌کنیم.

* pH محلول: باید pH کنترل شود و ثابت بماند در غیر این صورت واکنش‌ها بهم می‌ریزد. ←



این بافر برای حمام سکیل است. چرا pH تغییر می‌کند؟ چون:





این دو واکنش برخلاف دو واکنش قبلی، pH را زیاد می‌کند.

واکنش‌های کاتدی مزاحم pH را زیاد و آندی مزاحم pH را کم می‌کند.

اگر رانندگی آند ۱۰۰٪ باشد: ۱۰۰٪ ابق صرف حل شدن Cu می‌شود.

اگر رانندگی کاتد کمتر از آند باشد مثلاً: $Cu^{2+} + 2e' \rightarrow Cu$: ۸۰٪ ← ۲۰٪ صرف

واکنش‌های کاتدی دیگر می‌شود. ← pH زیاد می‌شود.

دوست داریم رانندگی کدام بیشتر باشد؟

سبکی دارد در محلول پی باشد: $CuSO_4$ ، $CuCN$. در مورد $CuCN$ اگر رانندگی آند

بیشتر باشد شکلی نیست اما اگر بخوانیم $CuCN$ در محلول برنیم باید $CuCN$ اضافی بخریم که از

Cu گران تر است.

اگر محلول $CuSO_4$ باشد و غلظت ها بجم هردو. اگر رانندگی آند بالاتر باشد، Cu^{2+} در محلول

زیادتر شده است ← pH خام بالاترفته ← H_2SO_4 می‌زنیم ← pH کم می‌شود.

راه دیگر: چند تا از تیغ‌های آندی را در می‌آدریم. ← سطح آن‌ها کم ← دانسیته جریان

آندی زیاد می‌شود ← پلازما سون آند زیادتر می‌شود ← رانندگی آند کم می‌شود.

راه دیگر: می‌توان یک آند غیر حل شونده قرار داد به جای یکی از آن‌ها.

در واقع باید روی سطح آند به کاتد تنظیماتی انجام داد. در مورد آخر، دانسته‌ی جریان ثابت اما مقدار آندها کمتر شده است. (مقدار آند حل شونده کم شده است)

این مشکلات را در حمام Cu ندانیم چون راندمان کاتد و آند اندازه‌ی هم است.

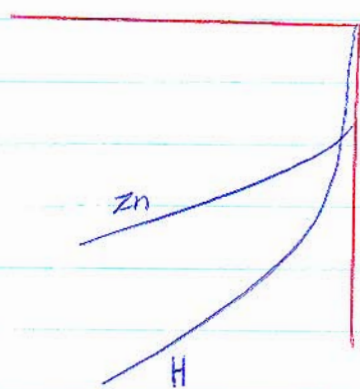
* دمای حمام: در اکثر حمام‌ها، دما را با دمای بریم چون پلازما سون را کم می‌کند. دمای زیاد به افزایش تحرک اتم‌ها و یونها، ضربه نفوذ، مطابق رابطه‌ی آرنوئی زیاد می‌شود. فقط یک مورد است که داریم.

مثلاً در محلول ZnSO_4 برای رسوب Zn $E_{\text{Zn}}^\circ = -0.76$

$$E_{\text{H}^+/\text{H}}^\circ = 0$$

چرا Zn رسوب نمی‌کند و هیدروژن متصاعد می‌شود؟

چون ولتاژ اضافی هیدروژن روی Zn خیلی زیاد است و نزدیک به E_{Zn}° است.



اگر دما زیاد شود، پلازما سون هیدروژن کم شده

و دیگر Zn رسوب نمی‌کند. پس در حمام‌های

روی دما بالاست. (37°C)

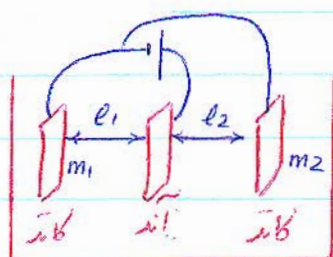
توان پرتابی:

۸۹، ۱۲، ۷

قابلیت پوشاندن مینوخت روی سطح

مثلاً در آکاری قطعه پیچیده مطلوب است پوشش مینوخت باشد. محلولی که توان پرتابی خوبی

داشته باشد، این کار را می‌کند.



اگر $l_2 = 2l_1$:

اگر مقدار پوشش روی کاتد ۲ باشد از روی

کاتد ۱ بود، توان پرتابی صفر در حد است.

اگر نصف کاتد ۱ بود، توان پرتابی صفر است و اگر کمتر از نصف کاتد ۱ بود، توان پرتابی

صفری است. $TP = \frac{100(L-M)}{L+M-2}$ توان پرتابی

$M = \frac{m_1}{m_2}$ or $M = \frac{m_2}{m_1}$ ، $\frac{l_1}{l_2} = L$ وزن پوشش

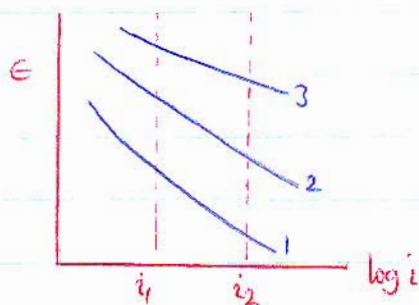
در قسمت های گود قطعه، پوشش کمتری نشیند. به عنوان در آن قسمت آند قرار داد.

$$M = \frac{l_1}{l_2} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{l_2 - K(\Delta\epsilon/\Delta i)}{l_1 - K(\Delta\epsilon/\Delta i)} \quad \text{ص ۴۹}$$

اگر هدایت محلول خوب باشد، $M=1$ می شود یعنی پوشش یکپوش است.

در محلول با هدایت کم، اگر $\frac{\Delta\epsilon}{\Delta i}$ زیاد باشد (سبب مخفی پلاریزاسیون زیاد باشد) پوشش

باز هم مناسب خواهد بود.



در مرتبه نقطه ۲ است و در مرتبه نقطه ۱

آند، از است.

در ۱، چگالی جریان بالاست یعنی $\frac{\Delta\epsilon}{\Delta i}$ زیاد است. در ۳، توان پرتابی صفر

است اگر $\frac{\Delta\epsilon}{\Delta i}$ تقریباً صفر باشد.

در حمام مس توان پرتابی بالاست و اگر تیغ تقریباً به دیواره‌ی حمام هم چسبیده باشد، باز هم آن وجه پوشش داده می‌شود. برخلاف حمام Cr که توان پرتابی منفی است.

توان پرتابی به نوع الکترولیت بستگی دارد و در مرحله‌ی رشد معلوم می‌شود.

توان پوشش:

توان پوشاندن سطح. مثلاً در حمام مس اگر Fe وارد کنیم، پوشش انجام می‌شود (در حالتیکه برای روی این مورد امکان ندارد). توان پوشش به جنس الکترولیت و تیغی وارد شده (کاتد مورد نظر) بستگی دارد و در ابتدای کار سطح است.

آندهای حل شونده از جنس خور محلول است: مس - حمام مس

آندهای حل نشونده مثل Pt, st, st و گرانیت و ...: پوشش از رنگ فراهم می‌شود.

آند سب و قلع در حمام کروم بعد از مدتی آن‌ها نارنجی رنگ می‌شود بدلیل تشکیل $CrO_4 Pb$

→ باید آن‌ها را با اسید شست. در حمام کروم از آن‌ها محلول استفاده نمی‌کنیم چون Cr گران است.

مثلاً سرامیک‌ها را اگر وارد هر جامی کنیم، پوشش تشکیل می‌شود که مربوط به توان پوشش است.

آند حل شونده هم از جنس پوششی است که می‌خواهیم ایجاد کنیم.

این فاکتورها عمیقاً بریزد. اما فاکتورهای متالورژیکی:

ریاگرام فاز - دانه و مرز دانه - سرعت جابجایی

۸۶/۱۲/۱۴ (۲۴)

در ۹۰ مواقع همان چیزی را که در دیالگرام می بینیم، در پوشش هم می بینیم. برای مطالعاتی ساختار پوشش ها از SEM و TEM استفاده می کنیم.

قوانین داراره:

مقدار وزن رسوب متناسب با الکتریسیته است که از مدار می گذرد.

$$m = C I t . R$$

F از تعریف خود Amp آمده است. $C = \frac{M}{n.F}$ اکی والان شیمیایی

t : hr اگر 1F جریان عبور کند، 1 اکی والان رسوب تهیه می شود.

راندها همیشه بالانسیست. ضخامت پوشش:

$$m = C I t . R = \rho . A . h$$

م: چگالی پوشش $h = \frac{C I t R}{\rho . A}$

ρ : gr/cm^3 t : sec A : cm^2

$$m = C I t R$$

$$\left\{ \begin{array}{l} C = \frac{M}{nF} : \text{sec} \leftarrow t \\ C = \frac{M}{n \times 26.8} : \text{hr} \leftarrow t \end{array} \right.$$

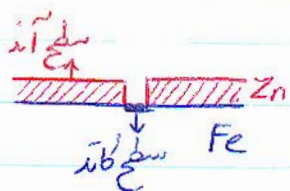
۸۶/۱۲/۱۴

مکانیزم حفاظت پوشش:

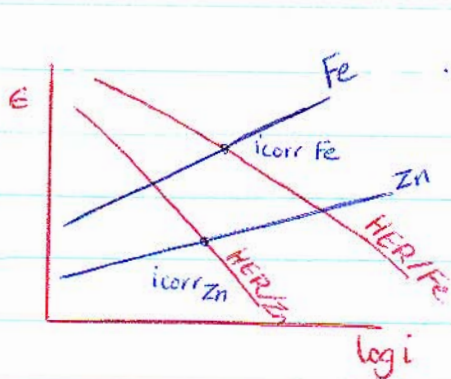
پوشش ها دور شده اند؟ بسته فلز پایه و پوشش

فقر پوشش می تواند فعال تر باشد و یا نباشد. اگر فقر پوشش نجیب تر باشد: پلاتین، نقره
اگر فقر پوشش نجیب تر باشد، اگر خراش روی سطح ایجاد شود، فقر پایه خورده میشود. در این حالت تخیل
برای ما هم ترند. مثل: Cu روی Fe.

در مورد پوشش گالوانیزه مثل Zn روی Fe، اگر روی سطح خراش ایجاد شود، فقر پایه حفاظت نمیشود.
اگر خراش بزرگ باشد و پوشش جویانی احساس کند، فقر پایه هم خورده میشود.



این فاصله وابسته به توان پرتابی است که تا چه حد می تواند فاصله
را برساند. رنگ از نوع پوشش های غیر فعال (نجیب) است.



اینکه چه حالتی را داریم باید پتانسیل خوردگی را نگاه کنیم.

$$E_{\text{corr Zn}} < E_{\text{corr Fe}}$$

پس Zn خورده میشود. Zn فعال تر است.

اما سرعت خوردگی کمتری نسبت به Fe دارد ←

حفاظت خوبی است. در صنعت اکسید روی، کربنات روی، در سطح آمده و پلازما می شود

یعنی مخفی با لایه و نه کمتر هم میشود.

Cr دارای E° پائینتری نسبت به Fe دارد اما منی کاراکسید کردن روی سطح تشکیل میشود

که باعث میشود پتانسیل از Fe بیشتر شود

قلع در شرایط معمولی (اتمسفری) از آهن نجیب تر است. در صنایع غذایی (کنسرها) قلع حوزده
 میشود و آهن حفاظت میشود. در اثر تصاعد هیدروژن و حل شدن آهن، قوطی باد می‌کند و



وقتی آهن شروع به خوردگی می‌کند که قلع دیگر تمام شده باشد.

در پوشش‌های فعال (Zn) باید i_{corr} کم باشد تا زود از بین نرود.

خواص پوشش‌ها:

سختی پوشش‌ها ← میکرو هاردنس - ویکرز. البته مقداری که indenter فرو می‌برد
 باید طوری باشد که وارد فلز پایه نشود.

برای رنگ‌ها از برداری استفاده می‌کنند که holder داشته و تست می‌کنند تا کدام مدار خط‌آوری
 سطح می‌افتد. قابلیت انعطاف پذیری پوشش هم هست.

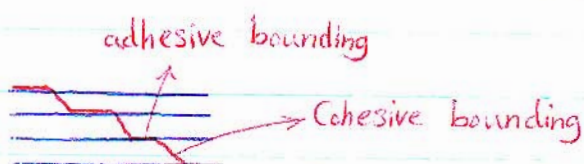
چسبندگی پوشش: برای رنگ از cross Huch استفاده می‌کنند: یک شبکه‌ای روی
 سطح قرار می‌دهند + چسب و بعد شبکه را جدا می‌کنند و مشاهده می‌شود که در کجا پوشش کنده شده.

روش دیگر pull off است. سلیندر توخالی روی سطح می‌چسباند. بعد با تلمبه زدن، فشار

را بالای بریم تا اینکه سلیندر کنده شود و پوشش هم کنده می‌شود. بعد فشار یا نیرو را اندازه می‌گیریم.

اگر استحکام چسب سلیندر کمتر از پوشش باشد، نتیجه‌ای نمی‌گیریم. عامل دیگر خطا: پوشش متخلخل باشد.

در پوشش‌های چندلایه باست pull off باید دید پوشش بیشتر از فصل مشترک جدا شده و یا از درون خود لایه‌ها. اگر بیش از 50٪ از درون باشد، خوب است در غیر این صورت (50٪ از فصل مشترک باشد) چسبندگی مناسب نخواهد بود.



محکم است رطوبت زیاد باشد

و رنگ قهوه‌ای خوب خشک شود و لایه‌ی بعدی را که می‌زنیم، چسبندگی

در فصل مشترک مناسب نخواهد بود.

پارامتر بعدی خوردگی پوشش هاست.

تنش‌های داخلی: در ابتدای پوشش دهی ساختار، ساختار فلز پایه است و به تدریج تغییر میکند.

کششی یا فشاری بودن تنش را از جهت خم شدن پوشش می‌فهمیم.

۸۶ / ۱۲ / ۱۹

آماره سازی سطوح:

قبل از عملیات سطح باید سطح آماده شود. گرد و غبار و ... روی سطح وجود دارد. سطوح سه

رسته اند: سطوح خالص - سطوح تمیز - سطوح آماده

هدف: سطوح آماده از آلودگی پاک شود: چربی زدایی (degreasing) - اکسید زدایی (descaling)

علاوه بر اینها زدودن اثر انگشت و رنگ را هم داریم.

* چربی زدایی: روش معمولی استفاده از مواد آلی: بنزین و ... اما جنبه کیفیت خوبی ندارد.

اما استون، تری کلرو اتیلن، بنزن و ... که آبی هستند قدرت پاک کنندگی زیادی دارند.

اما این مواد گران هستند و راحت بخار شده و سمی نیز هستند؛ استون البته سمی نیست. در فضای

بسته از این مواد استفاده میشود. میتوان در نماز بخار از این مواد استفاده کرد. بخار استون دارد نقطه سده و

سپس کندانس میشود و چربی ها را پاک می کند و استون دوباره استفاده میشود.

مواد دیگر: نفت، پارافین و ... است. پارافین روی آب قرار دارد و قطعه را در فصل مشترک

تکان می دهیم و چربی بصورت کلوئیدی در آب (ناز آبی) می ماند. (چربی زردی و قهوه ای)

مواد دیگر: شلات (chelat): EDTA به باند چربی و سطح عمل کرده و آنرا از سطح جدا میکند

این مواد ارزان هستند.

مواد دیگر صابون ها هستند. مهم ترین دسته چربی گیرها، مواد قلیائی هستند. محلول ۱ درصد سود

pH برابر ۱۴ ایجاد میکند. مهم ترین مزیت: در دسترس بودن و ضار دانی و ارزان بودن است.

برای $50 m^3$ آب، در حد چند گرم سود استفاده می شود و pH آب به ۷ می رسد و دیگر

خوردگی نداریم. (در دمای اتاق و شرایط محلی $pH=7$ ، حلالی خوردگی را می گیریم) بهترین ماده

قلیائی سود (NaOH) است. خورد سود از سطح خوب شسته میشود و سطح را بزرگ می کند ←

خورد سود کافی نیست ← انواع مواد قلیائی، سیلیکات، فسفات و ... با هم مخلوط میشوند. برای

فترات مختلف، نسبت این فرمولاسیون تغییر خواهد کرد.

چند خصوصیت باید داشته باشد. (در کتاب آمده است)

برای اینکه سطح تغییر شود، باید سطح تر شود. ← ماده‌ای ترکنده هم می‌خواهد: اسید سولفونیک، دوسیل بنزن
پس این موارد هم به چربی‌زد ها اضافه می‌شود.

چربی گیر قلیائی بارش ها غوطه‌وری (ازمان طولانی)، اسپری (زمان کم)، مالش با پارچه انجام
می‌شود. بعد از چربی‌گیری، سطح با آب گرم تر می‌شود. اگر با آب سرد شسته شود، چربی‌ها باقی می‌ماند
* اکسیدزایی:

سطح فلزات در تماس با هوا، اکسید می‌شود. روش‌های الکتریکی داریم: سنبه‌بست و ... (سنبه‌د ...)
روش‌های شیمیایی هم داریم: H_2SO_4 (گرم باید باشد: $40^\circ C$)، HCl (در دمای اتاق)
 HCl خوردش باعث حفره (pitting) می‌شود و بخارهای سمی ایجاد می‌کند:



برای اینکه آهن دوباره خوردن نشود، از بازدارنده استفاده می‌کنند تا یون آهن ایجاد نشود. این
بازدارنده می‌تواند، آسین باشد. اگر به آند و کاتد بسته شوند و یا مساویاً جایشان عوض شود، خورد

مقاومت در O_2 و H_2 به چربی‌زدایی کمک می‌کند. (چربی‌گیری الکترولیتی)

برای زدودن روغن، از تیز استفاده می‌شود. یا اسید کریسیلیک (در کتاب).

اثر انگشت نیز باید پاک شود. (مراجعه به کتاب)

روش های مکانیکی آماده سازی سطوح: پرداخت کاری، باسناده انجام می شود. یا برس سی

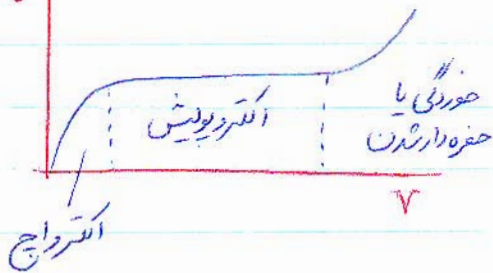
روار. بعد با پارچه های فشرده + صابون، سطح را پرداخت می کنیم. (مثل پولیش کردن) **glancing**

سپس چربی گیری می کنیم و اگر نیاز به اکسیدزایی ندارد. علاوه بر این، سطح صاف و برق هم می شود.

پولیش را با برق هم انجام می دهند. (اکتروپولیش) نیاز به محلول اکتروپولیش هم می باشد. برای

فشارت خالص آسان است. در مورد الکترولیت ها ممکن است فازه از هم جدا شوند. نمونه رایج آن سبزه و

برآمدگی ها حل می شوند ← سطح صاف می شود.



در اکتروچارج، مرز دانه ها حوزده می شود. چون

در جریان های پائین است.

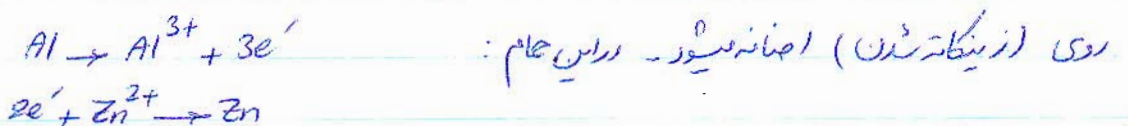
محلول های اکتروپولیش خیلی خطرناکند. ربا باید خیلی پائین باشد. (نیاز به نکات ایمنی دارد.)

این نکات در کتاب Tegart وجود دارد.

در این مبحثی دو قانون رعایت دارد: اهم - پلازما سون. که با هم باید جمع شوند.

عملیات پرداخت کاری در موافقتی انجام می شود که زیبایی سطح مهم باشد ← اختیاری است.

برای Al، روی سطح Al_2O_3 ایجاد می شود ← آبکاری نمی شود. ← به محلول چربی گیر، پرور



یک لایه ی نازک Zn روی سطح نشسته ← اکسید می شود.

برای چدن باگرافیت رشته ای دیتی تیزکاری سطح می‌شوند ، این گرافیت ها بیرون می‌زنند
شعله کاری - شیمیایی - الکتروشیمیایی

شعله کاری : اول شعله ای اسیائی برای اسیای آهن : سپس شعله ای اکسیدی تا گرافیت بسوزد
دوباره شعله ای اسیائی برای اسیای آهن

شیمیایی : گرافیت را حل می‌کنیم محلول : زوب نغذای KF ، Na_2CO_3 و K_2CO_3 (محلول)
الکتروشیمیایی : حلال محلول ها. استفاده از آنند و کاتد و عوض کردن جای قطب ها.

۸۶/۱۲/۲۱

آبکاری مس :

در حمام های مختلف انجام می‌شود : حمام اسیدی - قلیائی

اسیدی : اسید سولفوریک + سولفات مس . ظرفیت مس ۲ است . ($n=2$)

قلیائی : سیانیدی (KCN ، $NaCN$ ، $CuCN$) . ظرفیت مس ۱ است . ($n=1$)

در آبکاری (الکترولیز) ضخامت بالای پوشش امکان دارد. اما در روش غوطه‌وری پوشش در حد چند
نانومتر است .

سرعت خوردگی مس ۱۴۰ در سال است . (mpy) علت تشکیل لایه $Patina$

است ($CuSO_4$ ، $3 Cu(OH)_2$) روی سطح مس به خوردگی کم می‌شود . (بزرگ است)

روش دیگر برای پوشش مس ، cladding است . (نورد ساندویچی) . اسپری هم می‌توان

انجام داد. روش دیگر Electroless است. در حمام مازنی احیا کننده می بریزیم مثل $HCHO$ در محلول احیا کرده و خودش اکسید می شود. این روش بیشتر برای Ni است.

* آبکاری مس:

در حمام سولفات مس (اسیدی): بیشتر برای پوشش های ضخیم (فرایند های electroforming).

حمام اسیدی توان پرتابی خوبی دارد و پلازما یون کاندی کم است ← رانندگی بالا. سطح

براق خوبی دارند. اگر جریان کنترل شود، روی سطح nodule (گره) ایجاد می شود چون سرعت

بالا است. وقتی بوجود آید، همانجا رشد می کند ← مدار کوتاه ایجاد می شود ← این بزرگگی ها باید

حذف شود.

ترکیب دیگر درص ۱۰۰ کتاب. در تمامی این حمام ها، آند حل می شوند مس داریم. عدد اتم متر

$12^v - 6$ است (بسته به ابعاد ظرف) این پتانسیل، پتانسیل تجزیه ای اکترولیت + پلازما یون

و... است و گرنه ولتاژ لازم برای رسوب مس ۰.۳-۰.۴ ولت است.

حمام دیگر $K_6Cu(P_2O_7)_2$ است. رانندگی بالاتری هم دارند.

از حمام های مس سیانیدی، حمام پیش آبکاری است (strike).

در آبکاری در حمام اسیدی مس مثلاً Fe در حمام قرار دهیم مقداری مس از طریق سفتاسیون روی

سطح می نشیند که چسبندگی کمی دارد ← پیش آبکاری می کنیم در حمامی که acw کم است در نتیجه

جلوی سنباسیون گرفته می‌شود.

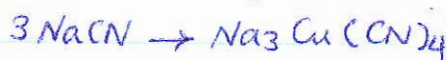
در حمام بجای از ننگ راسل استفاده می‌شود. در حمام سیانیدی از جذب CO از هوا و تجزیه سیانید

کربنات ایجاد می‌شود که مطلوب نیست. در حمام های راسل جلوی این کربنات ها را می گیرند.

ساختار دانه ها توسط این ننگ ریزتر شده و خوردگی را بیشتر می کند. پلازما سیون را کم می کند.

عمل با فر کردن حمام را انجام می‌دهد اما در برآیند شدن پوشش تأثیری ندارد.

حمام ریزگر High efficiency است. رانندگی بالائی دارد ← پوشش ضخیم.



کمپلکس غالب $\text{Cu}(\text{CN})_3^{2-}$ است و حمام CN به این صورت در می آید اگر نسبت ها کاتدی

را طبق واکنش زیریم. در این حالت CN برای آنده یابی نمی ماند ← CN آزاد می ریزیم تا مس

را در آند حل کند. CN^- آزاد 16 - 18 gr/lit. اگر CN^- آزاد زیاده شود:

(NaCN)

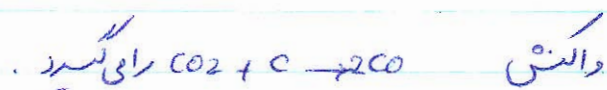
مس ها را کمپلکس می کند و α_{Cu} کم می‌شود و رسوب تشکیل می‌شود.

مقدار CN^- را با تیراسیون اندازه می گیرند.

جنس بدنه ی تانک: فولاد معمولی + آستر PVC. اگر حمام قیادنی باشد به آستر

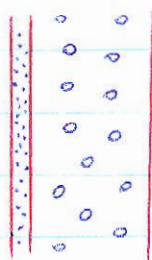
نیاز نداریم.

برای اینکه یک قسمت کمپوزیت نشود، آن قسمت را پوشش می دهیم. این پوشش جلوی



در حمام های قلیائی، ذرات مس ریزتر و متراکم تر است.

در strike این ذرات ریزند و ضخامت هم کم است.



اگر اول پیش آلودگی کنیم و بعد در حمام اسیدی، تصویر مقابل را می بینیم:

CN^- دارد پوشش می شود و به جواهر زنی کمک می کند ← ریزتر می شود.

در زیر میکروسکوپ این پوشش ها خیلی ریزتر از ساقه های ریخته گری است چون رسوب در محل ها

مثل نابجائی، عیب، برآمدگی و... رخ میدهد در حالیکه در ریخته گری اینطور نیست.

آلودگی نیکل: ۱۸/۱۸/۸۷

Ni بدلیل خواص معین و مقاومت به خوردگی کاربرد وسیعی در صنعت دارد. اکسید Ni روی Ni

انجام می شود. اگر نخواهیم روی Ni پوشش دهیم مثل Cr باید قبل از تشکیل اکسید Ni انجام شود.

در پوشش Ni عموماً از حمام های اسیدی استفاده می شود مثل: سولفات، کلرید، وات (مخلوطی

از سولفات و کلرید)، سولفات و فلوئورات. در حمام آخر، ویژه اندوگران تر هستند و در

شکل دادن الکتریکی از این حمام ها استفاده می شود. (electroforming)

در حمام های کلریدی مشکل Pitting پدیدار می شود. اسید بوریک جزء لاینفک این حمام ها است برای

تنظیم pH در $pH=4$ ، آنزیمات نگهداری می‌کند. (بافر)



سرعت نشست دامنه به چگالی جریان است در حدود $\frac{15-20}{hr}$ حرارتی آن است.

روماری اصلی انزوئی در حمام‌ها: تسطح کشته‌ها. ناهمواری‌های سطح را رفع می‌کند.

براقی‌ها (agent) گوری‌ها پوشش بیشتری می‌گیرد ← صاف می‌شود

مواد تسطح کشته در نقاط زیر انباشته می‌شوند و در نقاط برجسته پلازما یون رانا 100 mV افرایش

می‌دهد ← در نقاط برجسته نشست کم می‌شود. ترکیبات استیلنی، کومارنیر از این دسته‌اند.

براقی‌ها: (brightner) همین کار را می‌کند و موجب می‌شود ذرات پوشش ریزتر شوند (بقدار

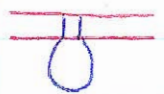
جوانه‌ها زیاده می‌شود) ← سطح براق تر می‌شود. معمولاً باند‌های اقطانه بین گوگرد و کربن

وجود دارد. $(S=C)$ و موجب می‌شود در پوشش نفوذ کرده و مقاومت به خوردگی را کم می‌کند.

پس پوشش‌های Ni بر آن مقاومت به خوردگی خوبی ندارد ← می‌توان نوع پوشش

Ni دار: اول مات و بعد براق

اگر فقط یک لایه Ni داشته باشیم وقتی از تختی‌های لایه عبور کرد به پایه می‌رسد.



در پوشش اولایه، بعد از رسیدن به لایه زیرین، بخش می‌شود و به پایه می‌رسد.



پوشش اولایه

براق کشته‌ها: سولفونیک (نه سولفوریک)

برای آلودگی Ni از آن حذف شونده استفاده می‌شود. چون Ni خالص پاسیو است.
اگر Ni بصورت گلوله باشد رادیکال کاتیونی استفاده می‌شود و یا از ورق Ni استفاده کنیم
آن را در حمام قرار می‌دهیم. برای جلوگیری از اکسید شدن Ni از آندهای حاوی اکسژن، کربن و
لوگرد استفاده می‌کنیم. پوشش نیکل را با مواد اسیدی می‌توان پاک کرد.

گاهی پوشش نیکل زیر می‌شود ← ذرات محلول و ناخالصی دارد حمام شده اند یا چگالی جریان
زیاد است، غلظت اسید بزرگ مناسب نیست، دما و pH مناسب نبوده است.

اگر آلودگی روی باشد، اول لایه مس می‌دهیم و بعد Ni لایه مس به‌طور متخلخل است.

↓
خوردگی اتفاق می‌افتد

در حمام‌های pH بالا، پختی کمتر است.

↓
ضخامت لایه مس مناسب و درش باشد

اگر برج حاوی سرب و ناخالصی باشد،

Ni روی آن چسبندگی خوبی ندارد ← اول لایه مس می‌دهیم.

پوشش کروم:

تنهایی کمتر کار می‌رود مگر پوشش کروم سخت. کروم سخت هر چه ضخیم‌تر باشد، سخت‌تر است.

چون base metal انری ندارد. کروم بصورت تزئینی و سخت پوشش داده می‌شود و حمام

هاگلی است. در مورد تزئینی زمان کم و ضخامت کم ($1-2 \mu m$) است. در کروم سخت در برخی حالتها

ضخامت تا $400 \mu m$ هم هست.

سارترین جام، اسید کرومیک است (از زان قیمت) و از آن دحل نموده استفاده می‌شود Pb, Sn

و کرم از جام ناهین میسور. اسید کرومیک کاتالیزور نیاز دارد برای پوشش دادن. نسبت این دو

500 - 5 (gr/lit) است. (ص ۱۲۴) با افزودن اسید سولفوریک راندام
 اسید سولفوریک
 اسید سولفوریک
 جام تغییر می کند. max راندام در نسبت 100 - 1

است. 80٪ حرارت صرفاً در هیدروژن می‌شود ← استفاده از طول‌های پلاستیکی

آهیدروکربن تصاعده شور پس از آن زمان حداکثر 20-30٪ است. توان پیرامی

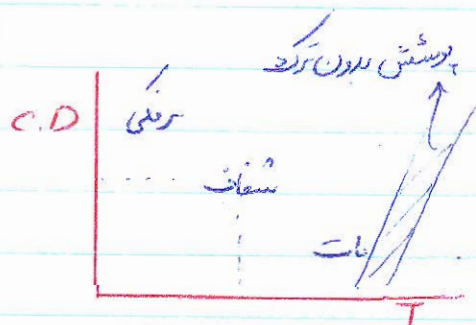
عقیمی تواند منفی باشد ← طرز طراحی آندها و کاتدها ضعیف حساس است

حام پویش (اسید کرومیک) بسیار خورنده است ← دیواره درختان با حام از مواد ضد خوردگی

استفاده سوز (لایحای مخصوص)

روپا راستہ ہم دیکھ : دما - چٹائی حرمیان

با تغییر در پوشش سبزگی، مات و شفاف می‌شود



در پایش های Cr معمولاً تنش و سردی دارد ← ترک ← نفوذ مایه خوردنده

→ سچی مشور ترک ہار اعداد مکرون باشد . (با افزودنی ها)

حامد رنجر: اسید کرومیک + اسید استیک $\leftarrow$ پوشش Cr سبزه رنگ میسود

↓
کائناتِ انور

استفاده در وسایل نظامی

اسید کرومیک ۶ ظرفیتی است. $\text{CrO}_4 \text{H}_2$ یعنی Cr^{6+} که سمی است و مضر است برای محیط. لذا استفاده از این حمام ها ممنوع شده است. حمام های پرید هاری Cr^{3+} است. و با امکان رسوب همزمان Fe ، Ni ، Cr و Mo در این حمام ها در دراز مدت از جمله این پوشش ها st. st. است. با اسید کرومیک است. اکسیداسیون یونها در حمام تغییر می کند.

خاصیت پوشش کروم: مقادیر در برابر گرما و خوردگی، ضربه اصطکاک کم، خاصیت پارامغناطیسی سطح تیز و ... (در کتاب)

حمام های هاری Cr^{3+} از کرومید کروم می باشد. (کرومید است) راه دیگر پوشش دهی آلترولیس Ni است بجای Cr^{6+} و Cr^{3+} . یعنی چگالی جریان - ولتاژ، پتانسیل ها از ولت متر خوانده می شود (مقادیر معلوم ...). باید از آلترود مرجع استفاده کرد.

۱۷/۲۵

فصل ۹.

پوشش با پوشش پاشیدن:

فاصله نازل و قطعه معین است؛ پاشیدن توسط فشار هوا صورت می گیرد. فنر پایه جنینی کم گرم

می شود. معقول پوشش یا یور آن توسط سنجی اکسی استیلن در آب می شود و با فشار هوا پاشیده می شود.

در این روش اگر قبلاً سطح را زیر کشیم، چسبندگی بهتر می‌شود. می‌توان قوامت های زیادی پوشش دارد.

در این روش، تنها شکل، تکنیک پوشش است ← از قطر عبور مواد خورنده معین نیست.

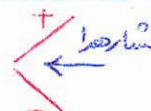
چون از پودر استفاده می‌شود، می‌تواند اکسید شود ← عیب گیر: اکسیدی بودن (به مدلی) پوشش.

اگر پوشش مس باشد، قطر مفتول نهایتاً 3mm است.

در حالت پودر این شانس را داریم که پوشش آبیاری ایجاد کنیم. (از چند پودر استفاده می‌کنیم)

برخی فنرات قابلیت مفتول شدن ندارند.

در روش شعله از کسی استین استفاده می‌شود. در این حالت از پودر و مفتول می‌توان استفاده کرد.

روش دیگر: قوس.  در این روش فقط از مفتول استفاده می‌کنیم.

روش دیگر: پلازما (قوس پلازما) در این روش فقط از پودر استفاده می‌کنیم.

گاز Ar به محیط بین دو الکترود قرار می‌گیرد ← یونیزه می‌شود ← محیط پلازما

← دمای بالا ایجاد می‌شود. (حتی مواد دیگر را از حجم ذوب شده و می‌توان به عنوان پوشش

استفاده کرد.)

دمای شعله کم است ← برای ذوب فنرات با نقطه ذوب پائین. در قوس برای فنرات دمای

بالا تر و در روش پلازما، عمودیت نقطه ذوب در ما نداریم.

روش شعله برای قطعات حجمی بهتر است.

در روش قوس پلا سما می توان پوشش کامپوزیتی مثل "Ni + گرافیت" استفاده کرد (ایجاد کرد)

پوشش پلا سما اسیری، پوشش $MCrAlY$ دارای پره های توربین می باشند
 ایتیم Fe, Co, Fe (گازی)

فرایند الکتروسی:

در فرایند سمپاسیون (قرار دادن Fe در $CuSO_4$ ، بعد از قرار گرفتن چند لایه Cu ، فرایند متوقف می شود) . اگر نخواهیم پوشش های ضخیم تر بدسیم ، ناره های امپالته به حمام امپانه می کنیم تا خوردش اکسید شود و Cu را امپا کرده ← عمل پوشش انجام می شود.



هیدروژن باید از محیط دور شود. ضمناً نمی خواهیم این واکنش سریع انجام شود چون غیر قابل کنترل می شود و مقدار از آنها در کف حمام رسوب می کند و هدر می رود.

الکتروسی نیکل اهمیت صنعتی بیشتری دارد. سرعت رسوب $12 - 20 \mu m/hr$ است.

زمان معمولاً 1 hr است ← ضخامت: $12 - 20 \mu m$.

این روش ، روش الکتروسی نیکل نام دارد. چون واکنش بالا بدون جریان و رکنش فایده صورت

می گیرد. روش سمپاسیون هم الکتروسی است اما ناره های امپالته نداریم ← غوطه وری
 محلی

نوژی روش الکترولس: محدودیتی نداریم؛ اوی هم پی میوان ایجا کرد: فلزات، پلاستیک ها، چوب، سرامیک، پارچه.

در قطعه سرامیک ها را با روش الکترولس میوان جوش دار (با تنگین پوشش روی آنها) در مورد پلاستیک ها، سطح پلاستیک باید اچ شود (با اسیدها) ← بکری فائز هامل میور.

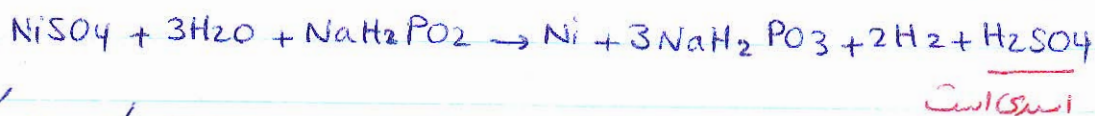
بعد کلور قلع یا کلورر پالادیم یا HCl
می ریزیم ← رنگش شفاف میور ← آماره است که قطعه داخل محلول میور. (چند ثانیه)

زیر میکروسکوپ SEM :
ذرات پالادیم

حالی توان این را در حمام Ni کرد؛ چون سطح های شده.
حوز Ni نمی تواند روی پلاستیک بنشیند چون چسبندگی با پلاستیک ندارد.
← الکترولس برای پوشش اوی سطح غیرهاری با این صورت است.

حمام نیکل در الکترولس یا اسیدی است دیا قلیائی.

اسیدی ← هیپوفسفیتم سلیم (RA) : (هیپوفسفیتم سلیم) NaH_2PO_2



pH بسیار حساس است در این فرایند (4-6) ← قطره قطره آمونیاک اضافه می کنیم

تا pH تنظیم میور. حداقل دما 85° است ← pH در دما در این فرایند خیلی مهم است

استات سدیم و استیک اسید در محلول ← حمام بافر سیود (تنظیم pH)

پایدارکننده حدود ppm است (استات سرب : ۱-۲ ppm) اگر نیکل نیزیم

رسوب صورت نمی گیرد و اگر نیزیم رسوب در کف حمام، ظرف حمام صورت می گیرد. برای

آهن فقط روی قطعه بنشیند، از پایدارکننده استفاده می کنیم.

* پایدارکننده ها:

سرفوع هستند: ۱- ترکیبات سرب، بیسموت، آرسنیک: روی سطح قرار می گیرند

و پلازما سیون تصاعد هدیه در آن را ایلا می برند.

۲- یونهای سولفیت: روی سطح رسوب می کنند، خود Ni کاتالیزور است

و امای گیرین ها را سریع می کنند. این یونها، کاتالیزوری Ni را

صنعتی می کنند.

۳- نمک های سدیم: (کلرور پالادیوم) پالادیوم کربیدی وارد حمام شده و

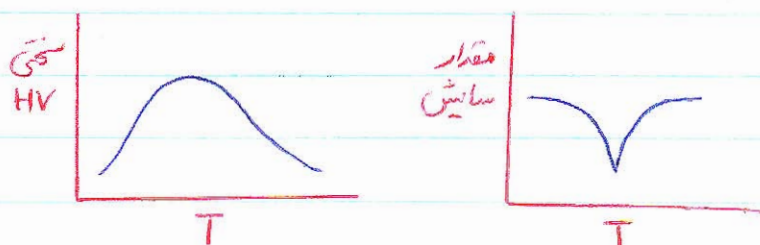
موجب تجزیه سیود (تجزیه حمام) ← مفید نیست ← نمک سدیم

امانته می کنیم تا کلرور پالادیوم از حمام خارج شود.

نیکل رسوبی در روش الکترولیس، مقدار کمی نیکل دارد. معمولاً پوشش‌های الکترولیس نیکل مقداری فسفر دارد که از هیپوفسفیت سدیم وارد شده است. داین میزان به مقدار هیپوفسفیت سدیم در حمام بستگی دارد (ارتباط مستقیم) P از بالا رود، سختی هم بالایی رود. در اثر عملیات حرارتی

ترکیباتی مثل Ni_3P (ترکیب بین فیزی) باعث بالا رفتن سختی می‌شود حتی به میزان $1100 HV$ می‌رسد. این پوشش مقاوم به خوردگی نیز می‌باشد. محدوده عملیات حرارتی: $350 - 400 (hr)$

این پوشش چسبندگی زیادی دارد چون انتقال بار نداریم و امپالکته در حمام وجود دارد و تمام حفره‌ها را می‌پوشاند.



کاربرد این پوشش‌ها: قطعات کامپیوتر، قالب‌ها، و ...

گرم کردن سیستم نباید موضعی باشد و اگر دما زیاد شود، Ni ها امپالکته و فسفیت نیکل ایجاد می‌شود ($> 90^\circ$)

می‌شود ($NiPO_3$) در کف حمام رسوب می‌کند. گرم کردن باید یکنواخت باشد.

گرم کردن: استفاده از شعاع یا کویل گرم کننده داخل حمام (یا سیستم آبگرد گرم)

جنس حمام: هری باید که Ni روی آن رسوب نند. باید $st. st.$ پاسیو شده،

پلی پروپیلن (PP)، Ti و ... باشد. $st. st.$ از همه ارزان تر است و بعد از سردی

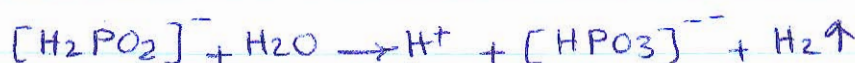
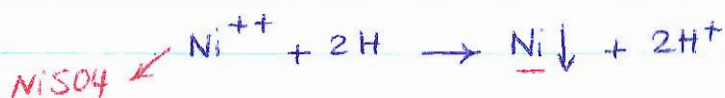
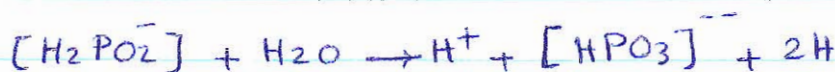
باید دوباره پاسیو شوند.

(۴۶) ۸۷/۱/۲۷

ضریب اصططاک پوشش کم است، یعنی بالا، مقاومت سایشی خوب و انعطاف خوب و

قابل پوشش روی انواع فلزات

واکنش قبلی کلی بود. در حالت جزئی تر:



پس Ni و P با هم رسوب می کنند و pH در کل زیاد می شود. ← باید آمونیاک اضافه کرد.

اضافه کردن تری اتانول آمین به جام هیپوفسفیت:

۲۴۹/لیتر کلرور نیکل ۰.۱ M

۴۵ " سدیم نیترات

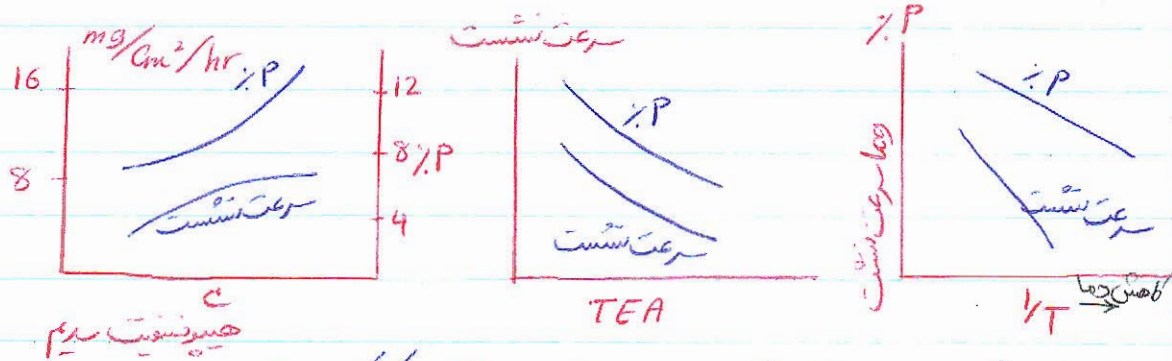
۱۰ g/لیتر هیپوفسفیت سدیم

۲۰ cc تری اتانول آمین

pH=8, T=90°C

تحت این شرایط:

(۴۷) ۲۷، ۱، ۸۷



تری اتانول آسین، سرعت نشت و میزان فسفر پوشش را کم کرده است.

زرات نرم: PTFE، MoS_4 ، گرافیت

زرات سخت: SiC، Al_2O_3 ، آلان

این زرات در حمام ریخته می‌شود و با استفاده از چرخن، بصورت سوسپانسیون معلق می‌شوند و همراه پوشش روی سطح می‌نشینند. در لایه‌های اولیه این زرات وجود ندارد. با استفاده از SiC به بکته 4000 VHV در رسم و با زرات نرم فزین اصطکاک پاشی در پوشش خواهیم داشت. با نامتری شدن این زرات، خواص متفاوت خواهد شد.

نحوه نشستن: متوجه ایجاد جبهه پوشش، این زرات بین جبهه‌های گازی افتاده و باقی می‌ماند و یا ممکن است شیار را آلوده کند (SiC اینطور می‌شود) و روی سطح می‌نشیند. حبابگی این



زرات را هم باید بالا برد.

سوال * پیدا کردن بهترین فرمول برای حمام های اکسولس نیکل. (۱ نمره)

در کتاب: استات پیریت بعنوان پایداری کننده.

۲۷، ۱۷/۸۷ (۴۸)

حمام‌های الکترولس نیکل گران تر و عمر کمتری دارند؛ چون pH متغیر است و مرتباً باید آنالیز شود.

اگر سطح قطعات در حمام زیاد شود، سرعت نشست کم می‌شود. مثلاً یک لیتر محلول، یک مقدار سطح را پوشش می‌دهد.

هر چای یک عمر دارد (حتی اگر استفاده نشود)؛ نهایتاً چندین ماه می‌شود.

برای قالب‌های کشش سیم، شیر در خطوط رفت و رجوب، از این پوشش استفاده می‌شود.

رسوب آلیاژی نیکل در آبکاری نیکل انجام شده و به روش الکترولس رسوب آلیاژی نیکل انجام شده؛ یخز با فخر.

۱۷/۲۸

پوشش‌های سفیدی:

مثل کربوره کردن است. پوشش در جسم نفوذ می‌کند نه اینکه روی سطح بنشیند. خواص چسبندگی خیلی بالاست و چون پوشش خرد قطع شده است.

لایه‌های سطحی مقاومت خستگی در تنش را بالا می‌برد.

مکانیزم: طبق قوانین فیک، نفوذ صورت می‌گیرد. (۱) $J = -D \frac{dc}{dx}$

$$\frac{dc}{dt} = D \frac{d^2c}{dx^2} \quad (2) \quad \rightarrow \quad x = 4KDt^2 \quad D = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$$

وابستگی عمق نفوذ و زمان

۱- جاند / جاند : اگر می‌خواهیم کربن نفوذ کند، زغال فعال می‌برسیم. اگر $Cr \leftarrow$ پودر Cr

محیط باید خنثی باشد $\leftarrow$ Ar می‌رسیم. درجه حرارت در محفظه را بالای بریم.

روش جاند برای روی کاربرد زیادی دارد: $ZnO + NH_4Cl +$ ماده

تأذرات روی هم می‌چسبند. (سردانزینگ) تا باید حدود 350° باشد تا

ذوب شود (پودرها به هم می‌چسبند)

۲- گازی: قطعات را در محفظه آویزان می‌کنیم و گازهای NH_4Cl ، $ZnCl_2$ با وسایل

خزنی معین رسیده می‌شود و روی آزاد می‌شود و روی سطح قطعه نفوذ می‌کند. این روش گران‌تر

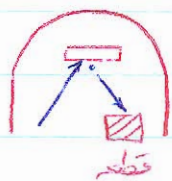
است. اما کار دقیق و خوب در می‌آید. در روش تبلی ذرات ماده و ... به سطح

می‌چسبند و مدت کار کمتر است.

این روش CVD هم نام دارد. chemical vapour Deposition.

روش دیگر PVD است. باید سما یا لیزر صورت می‌گیرد در محفظه خلأ. با تابیدن

لیزر به قطعه اتم آزاد می‌شود و روی سطح مورد نظر می‌نشیند Physical vapour Deposition



در CVD سه دانش اصلی وجود دارد به‌طور (یکای پوشش):



(I) تبدیل



X : مثلاً کلرور

B : فلز پیش

A : فلز پایه



درست‌ترین: A بیرون می‌آید و B جای آن می‌رود

AX₂ به آتشفشان می‌رود.

$$\Delta G^\circ = -2.3RT \log K_p$$



$$\Delta G^\circ = \dots$$

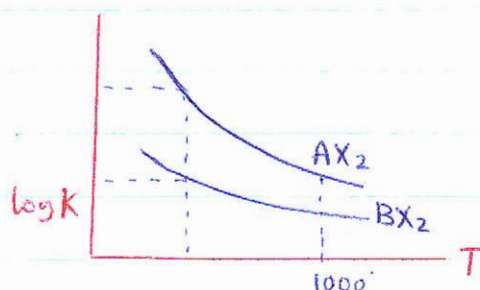
$$K_{P,B} = \frac{P_{\text{BCl}_2}}{\alpha_B \cdot P_{\text{Cl}_2}}$$



$$K_{P,A} = \frac{P_{\text{ACl}_2}}{\alpha_A \cdot P_{\text{Cl}_2}}$$

$$K_{P,I} = \frac{\alpha_B \cdot P_{\text{ACl}_2}}{\alpha_A \cdot P_{\text{BCl}_2}} = \frac{K_{P,A}}{K_{P,B}}$$

$$\log K_{P,I} = \log K_{P,A} - \log K_{P,B}$$



در دماهای زیاد اختلاف $\log K$ ها کم است و انجام واکنش I امکانپذیر است.

اگر کمتر از 2 واحد بود، امکانپذیر است.

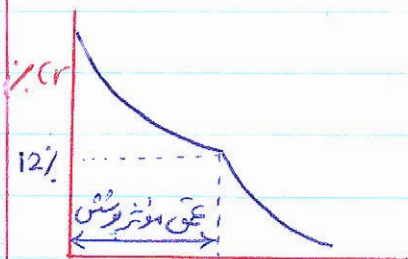
برای واکنش دوم هم همین ترتیب است.

برای واکنش سوم هم از پایداری هائی توان تهیه واکنش انجام می‌دهد.

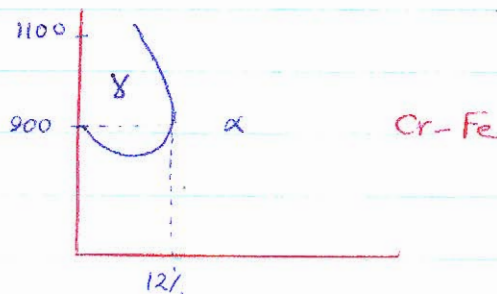
NH_4Cl باعث آزاد شدن Zn از ZnO می‌شود.

پوشش نفوذی کروم : (کرومیزینگ) chromizing

بین $900-1100^{\circ}\text{C}$ کرومیزینگ صورت می گیرد. در این دماها، آهن بصورت γ است



فاصله از سطح نمونه



اثرایش با $\leftarrow$ یعنی موثر زیاده سیور x_T

اثرایش زمان $\leftarrow$ " " " " x_t $\alpha = 4KDt^2$

دیفوزیون Cr در فریت بیشتر است ولی در γ کم تر است. اگر از ۱۲٪ کروم بیشتر سیور

آنگاه سرعت دیفوزیون اثرایش می باید

پوشش نفوذی Al $\leftarrow$ Aluminizing $\leftarrow$ سیلیکون Siliconizing

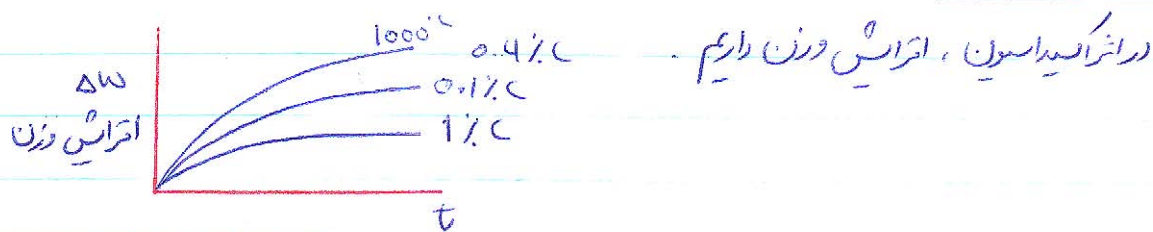
تذکر: chromizing هم داریم که با chromizing فرق می کند

سطح مین Cr زیاد است $\leftarrow$ فریتی است
 اکسید کروم
 لایه درگروه نرزه
 استفاده از این قطعه (مقابل) در دماهای
 چون کربن آن نفوذ کرده
 بدلی یا فریتی
 (نسبتاً با مقدار فولاد)

800°C موجب سیور که کروم نفوذی کند و پائین می آید خود صد کروم در سطح کم سیور و مقاومت

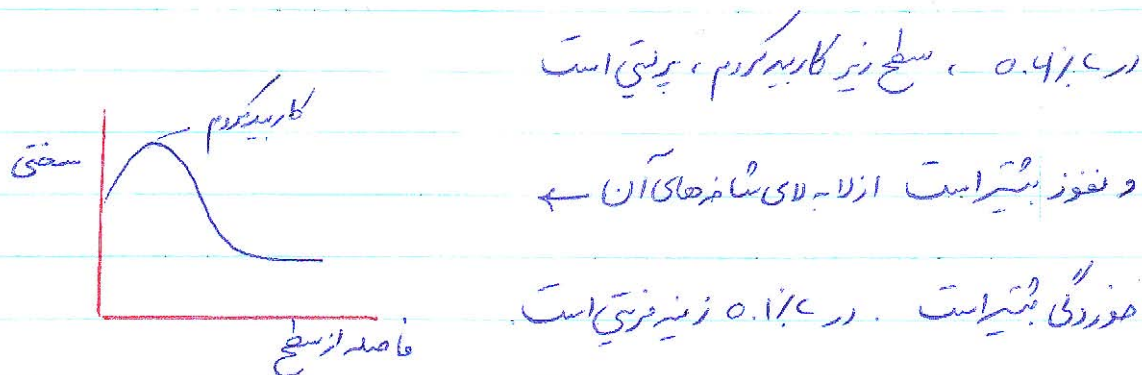
هواری کم سیور آهن هم
 [اکسید کروم تا 850°C پایدار است بالاتر، بخار سیور]
 سطح نفوذی کند

۱۷/۲/۸۷ (۵۲)



اگر فولاد 1% C داشته باشد، کاربید کروم بصورت فنیج سوخته در می آید و میزان اکسید شدن کم می شود چون جلوی نفوذ Cr را می گیرد.

اکسیداسیون عمیق (اکسیداسیون حین کار قطعه) → این پدیده



در چگالی جریان های بالا، رسوب بصورت برنگی می شود و یا تیره می شود و با اصطلاح فی سوزد.

آندایزینگ A1: (پوشش های تبدیلی)

پوشش های تبدیلی: آندایز - فسفات - کرومات

ترکیباتی مثل اکسید روی سطح می تواند تشکیل شود و سطح را محافظت می کند. (اکسید، هیدروکسید برای

آندایز)

سطح می تواند محافظت شود با ایجاد محصول خوردگی روی سطح.

حالت ریختنی: با جذب اکسید فنر یا هیدروکسید فنر، سطح پاسیو می‌شود. (روش طبیعی)
 منصفانه هم همسطح است. در کروماته و منصفانه خودمان با واکنش‌های شیمیایی پوشش روی
 سطح ایجاد می‌کنیم.

در آنداز، روش الکتریکی است و قطعه را به آند (مثبت) وصل می‌کنیم (عکس آجاری) در
 آند، اکسیداسیون اتفاق می‌افتد. اگر Al باشد Al_2O_3 و اگر مس باشد، اکسید مس.
 در استیوورت مقاومت به خوردگی زیاد می‌شود. آنداز Al در شرایطی سختی در در $TORC$ هم به
 می‌دهد.

روش طبیعی ← ممکن است pitting ایجاد کند اگر ترک بردارد.
 روی داتی خورده می‌شود، اکسید روی ایجاد می‌شود و سرعت خوردگی کم می‌شود ← از روی
 گالوانیزه زیاد استفاده می‌شود. پوشش‌های مسی در صورت خورده شدن، تیر می‌شوند.
 روی نقره اگر نجوا هم رنگ یا لاک نزنیم، اگر منصفانه کنیم قند، مقاومت رنگ زیاد می‌شود.
 آنداز نرنگ:

فنرانی مثل Al ، Zr ، Ti ، Cu ، Nb و ... را می‌توان آنداز نکرد ← اتصال

به قطب مثبت و ایجاد لایه اکسیدی. در نتیجه Al خورده می‌شود چون روی آن Al_2O_3

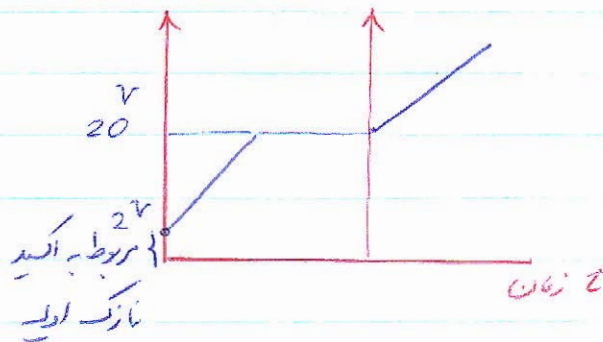
ایجاد شده است.

۸۷/۲/۱۰ (۵۴)

دومین داریم؛ یکی آند و دیگری کاتد. این دو در محلول مناسب قرار دارند و به یک رشتن فایبر وصل می‌شوند.

Valve metals: فلزات دارای قابلیت آندایز شدن؛ به دو دسته AC و DC تقسیم می‌شوند.

اگر $20V$ جریان را قطع کنیم و دوباره وصل کنیم، تا جایی که به $20V$ برسد، جوابی از سیستم نمی‌کند.



این خاصیت Valve me. نام دارد
مقاومت لایه آند به ولتاژی است که

رسیده. این لایه حدود $2nm$ است.

فرایند آندایزینگ:

سطح باید تمیز شود (چربی‌گیری برای Al: در سود $NaOH$ غوطه‌ده شود). - بعد شست و شو

با آب گرم و بعد با آب سرد. مراحل اضافی اختیاری هم داریم. در صنعت یک مرحله اضافی

هم داریم: ماه‌ها از محلول استفاده می‌شود و کربنیک از هوا می‌گیرد. سطح قطع می‌ده می‌شود

→ دوده زدای انجام می‌دهیم: محلول $10\% HNO_3$ ← سطح برقی می‌شود.

desmutting

اگر برایت بیتری بخوایم، پولش می‌بایستی؛ اکثر پولش انجام می‌دهیم.

آنداز احوالت دارد: یون AI در محلول حل می‌شود ← لایه مانع و فشرده تشکیل

می‌شود. (barrier layer) [اکسید AI در آن حل می‌شود]

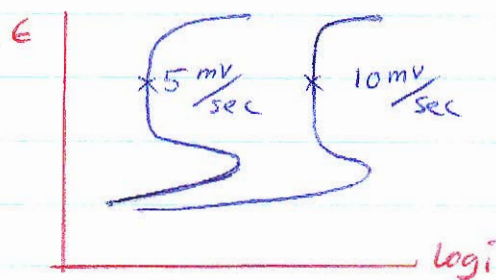
درسته درم: اکسید AI در آن تا حدوری حل می‌شود (اسید سولفوریک و...) ← لایه فشرده

تشکیل می‌شود. porous Film

* در مراحل بعدی یا آب بندی می‌کنیم و یا استارنگ می‌کنیم و بعد آب بندی

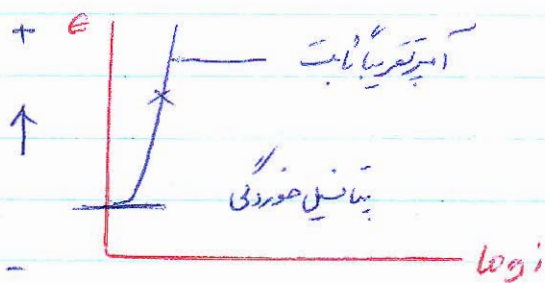
در حالت barrier layer دو سطر بالارا اندازیم *

پاسیویته (غیرفعال شدن):



در جریان‌های بالاتر، سیستم فرصت

recovery نمی‌دهیم. در آزمائشگاه



با یک سرعت کار می‌کنیم.

برای AI و Ti اگر سرعت کم باشد:

در ساختن آندی و لایه بلایی بود (شرح اندازینگ)

در حد mV است. در اندازینگ پتانسیل‌های خیلی بالایی داریم.

در نقاط مشخص شده، اکسیداسیون اتفاق می‌افتد و لایه محاط ضخیم‌تری می‌شوند. در اندازینگ

نمونه (لایه) خیلی ضخیم می‌شود. سرعت اکسیداسیون هم ثابت است (مستحضر)

ما، ۲۰/۸۷ (۵۶)

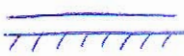
با آنرالی پائین اگر سطحی می بینید ، و تا ۷۰۰^۰ بالای رود و barrier film ایجاد می شود . محلول باید خنثی باشد . (سدیم دی هیدروژن فسفات ، آمونیوم پانتا بورات)

نمک های تارتارات ، NaH2PO4 ، Na2HPO4

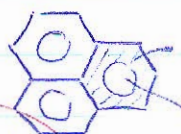
$$700^{\circ} \times 12 \text{ nm}^{\circ} = 840 \text{ nm} < 1 \mu\text{m}$$

۱۷/۲/۸۷

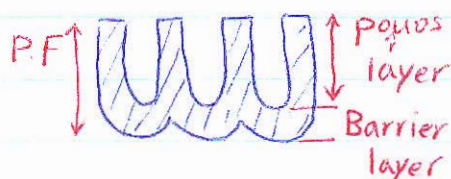
Barrier films ← اکسید آل حله شده (محلول خنثی)
Porous films ← اکسید آل تا صدوری حل می شود } آنزاینگ آل

Barrier films:  Al2O3

Porous films:



اکسید آل
فشرده



آنزاینگ آل برای تنظیم کردن پوشش

آنزای آل سری ۷۰۰۰ : مسکن می شود

برای رنگی شدن آنزاینگ

محلول ها و pH در آنزاینگ مؤثرند .

Barrier : Borat ، NaH2PO4 ، APB و جود آنیون COO^- ، عناصر آلی ، PIG

تغییر قطر حفره ها یا آنزاینگ در دو

porous : مولفونیک ، آنزاینگ ، کرمیک ، فسفریک ، مرده ← تغییر ضرب شکست

→ ایجاد رنگ مختلف

در رنج وسیعی از pH می توان کار کرد .

اکسید آل طبیعی روی آل نازک است (2 nm) با آنزاینگ این ضخامت را زیاد می کند یا فشرده

باقی می ماند و یا متخلف می شود .