عوامل موثر در کار پوشش و کیفیت آن:

1- دانسیته جریان: جریانی که بین آند و کاتد عبور می‌کند (I)

2- اختلاف پتانسیل بین آند و کاتد (V)

3- غلظت الکترولیت: ممکن است غلیظ و رقیق باشد در این صورت میزان جریان فرق می‌کند (C)

4- دما: حساسیت در سرعت واکنش نقش دارد (T)

5- هم زدن: وجود تلاطم، سرعت تلاطم. با هم زدن غلظت و دما را همگون می‌کنیم

6- زمان پوشش: اینکه چقدر قطعه درون الکترولیت بماند (t)

7- فاصله بین آند و کاتد (d)

کاتدی که ما روی آن پوشش می‌دهیم را به منبع تغذیه وصل می‌کنیم وقتی جریان عبور می‌کند دو تا اتفاق صورت می‌گیرد

$$M^+ + e^- \rightarrow M$$
$$H^+ + e \rightarrow \frac{1}{2}H_2$$

M^+ از الکترولیت به سمت قطعه می‌آید و از طریق جریان الکتریکی خنثی می‌شود.

محلول‌هایی که استفاده می‌کنیم از نظر PH یا اسیدی‌اند یا قلیایی. وقتی راجع به ... صحبت می‌کنیم منظور Base محلول الکترولیت اسیدی خواهد بود. مثل کلوریدها، سولفات‌ها یا سیانورها ... شرایط معمولاً PH<7 است.

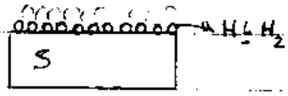
در محیط‌های اسیدی واکنشی که اتفاق می‌افتد اغلب احیای هیدروژن است. پس این واکنش ابتدا انجام می‌شود.

- اگر هیدروژن که احیا می‌شود نتواند از سطح کاتد آزاد شود لازم نیست که پوشش روی سطح فلز ایجاد بشود

هیدروژن هم به صورت حباب‌هایی روی سطح ... دفع می‌کند. دقت کنید

پوشش روی هیدروژن قرار نمی‌گیرد. پوشش ... سطح ... و ...

... می‌شود و وارد الکترولیت می‌شود ... هیدروژن آزاد شود

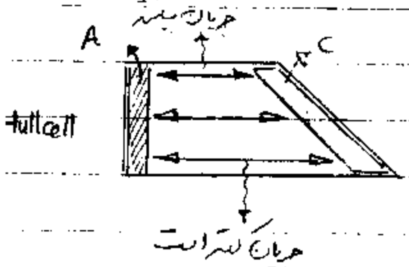


... هیدروژن ... پوشش ناقص می‌شود.

عمل هم زدن می‌تواند ... هیدروژن ...

Polarization و over voltage هم ... اهمیت دارد ... هیدروژن با شدت بیشتر ... خواهد بود.

حالا ... جریان لازم است برای ... پوشش را ... کنیم ... برای مشخص کردن آن از یک ظرف مخصوص استفاده می‌کنند که به آن Hull Cell می‌گویند



یک cell استاندارد است که شرایط ... جریان، اختلاف پتانسیل ... را ... نشان می‌دهد

آند و کاتد را به صورت مشخص شده قرار می‌دهند. ... برای اینکه پوشش ... داشته باشیم ... نقطه ... خطوط ... اما در اینجا

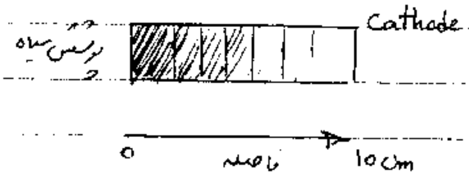
فاصله متغیر است. Hull Cell ها ... از نظر حجم الکترولیت با هم متفاوتند

جریانی که داریم ... کاتد ... نزدیکتر باشد جریان

بین آن‌ها بیشتر خواهد بود. وقتی پوشش ایجاد شد ... کاتد ...

تقسیم ... مختلف تقسیم شده ... پوشش ...

... شده ... رنگ ... پوشش ...



S.a..

www.iran-mavad.com

مرجع مهندسی مواد و متالورژی

اصلاً پوشش ایجاد نمی‌شود یعنی همین طور پوشش کنده می‌شود از سیاه سیاه تا روشن روشن. بعد می‌بینیم که در یک ناحیه ضخامت پوشش خیلی خوبی ایجاد شده که در یک منطقه‌ای وجود دارد بین شدت جریان و فاصله که از روی آن دانسیته جریان بهینه را بدست می‌آوریم. یعنی ۲ تا ۳ بار ... با سعی و خطا جریان را پیدا کنیم کافی است یک بار تست Hullcell را انجام دهیم. یعنی اگر ... Handbook نداشتیم شروع آزمایش تست ... برای پیدا کردن ناحیه و دانسیته جریان.

- تنظیم الکترولیت محلول نمک فلز پوشش است. برای ایجاد پوشش‌های کروم از اسید کرومیک استفاده می‌شود برای پوشش Ni از محلول سولفات نیکل یا کلرید نیکل استفاده می‌شود. برای مس از سولفات مس .... نمک‌های ممکن است بسیار بو ... تند بسیار سمی است به همین دلیل آزمایش‌های الکتریکی در ... خارج از ساختمان ... انجام می‌دهند. اسید کرومیک هم خطرناک است.

- آندی که انتخاب می‌کنیم قابل حل در الکترولیت باشد. مثلاً در ترکیبات سولفاتی انتخاب Pb مناسب است چون ترکیب سولفات حل نمی‌شود ... نیترات ... نیترات هدایت الکتریکی خوبی دارد ولی ... شده است اگر آند حل شود الکترولیت را آلوده می‌کند و پوشش ناخالص می‌شود. مثلاً پوشش Zn با نیترات هم دارد که نامطلوب است.

- هر چه زمان را بیشتر کنیم، ضخامت پوشش بیشتر می‌شود ... اینها بدست می‌آید مثلاً ... نگاه می‌کنیم بعد از ... هر ضخامتی که ... خواهیم زمان را پیدا می‌کنیم.

- با گذشت زمان الکترولیت ... تغییر می‌کند ... پوشش تغییر می‌کند. یعنی کیفیت پوشش ما در 5 دقیقه اول با 5 دقیقه دوم متفاوت است. اگر غلظت اول ... غلظت ... بعدی ... اندازه اول نیست. این مسئله را هم باید در نظر بگیریم. برای اینکه غلظت ... ثابت نگه داریم دو روش وجود دارد. ... کنترل غلظت هم ساده است. مقداری از الکترولیت را بر می‌داریم از روی شیمی ... غلظت آن را پیدا می‌کنیم (تیتر می‌کنیم). اگر کم بود

۱- روش اول این است الکترولیت جدید به آن اضافه کنیم. این روش ... است چون مرتباً باید عوض کنیم.

۲- ... آندی که ... قابل حل است ... الکترولیت استفاده کنیم ... آند ... انتخاب می‌کنیم ... جنس پوشش باشد مثلاً اگر خواستیم پوشش Cu ایجاد کنیم از آند Cu خالص استفاده می‌کنیم. یعنی مقدار یونی که در اثر پوشش دهی کم می‌شود از حل شدن آند جبران می‌شود.

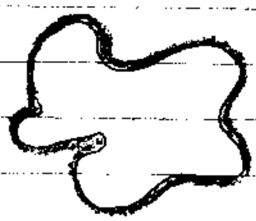
- عامل بعدی دما است. هر چه دما بالاتر برود پوشش دهی سریع‌تر می‌شود منتها کنترل دما ... مشکل می‌شود وقتی دما بالا می‌رود تبخیر محلول را داریم ... غلظت ... تغییر می‌کند ... دماهای بهینه داریم که کار می‌کنیم.

- ... در محیط‌های صنعتی کار ... می‌توانیم ... ضخامت ... را کنترل ... خارج کنیم این شبیه به Electroplat cell ساده ... ما تنها یک پوشش ایجاد کنیم اما برای پوشش‌های آلیاژی بسیار متفاوت است. مثلاً آلیاژی برنج و برنز داشتیم. با آزمایش ... Pt بسیار پیچیده ... الکترولیت مخلوط از نمک‌های پوشش‌ها است. حتی پوشش‌های آلیاژی سه جزئی و چهار جزئی هم داریم مثلاً در مورد Brass ، Zn ... Cu ... جریان را اعمال کنیم اول ... می‌نشیند ... می‌خواهیم با نسبت ... نمی‌توانیم انتظار داشته باشیم ... پتانسیل Zn و Cu را به هم نزدیک کنیم یعنی ۱.۱۲ ... ۵ ... نزدیک کنیم از محلول‌های ... به نام Complex کننده استفاده می‌کنند ... پتانسیل ... آزمایش ... جزئی با آزمایش آلیاژی متفاوت است. ... Brass ... همان ترکیبی است که ...

s.a.m

www.iran-mavad.com
مرجع مهندسی مواد و متالورژی

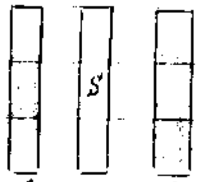
- اگر بخواهیم یک سطح آینه ای بسیار براق داشته باشیم، نباید تصور کنیم که اگر سطح قطعه را بسیار صاف و آینه ای بکنیم (قبل از پوشش) بعد از پوشش هم به همین صورت می‌شود. چون به هر حال چند میکرون که ما بیشتر ضخامت پوشش است و دیگر سطح براق نمی‌ماند. برای این کار از محلول های براق کننده (Brightener) استفاده می‌کنند که معمولاً Base آن‌ها ترکیبات آلی است مخصوصاً ترکیبات حلقوی مثل ساکارین و ... است. این براق کننده ها وارد ترکیب شیمیایی پوشش ما می‌شوند، به همین دلیل پوشش براق و شفاف معمولاً ترد و شکننده است چون عناصر خارجی وارد آن شده و تنش در آن ایجاد می‌کند. پوشش کروم براق تردتر از پوشش کروم مات است. بنابراین هر چه نسبت به فرورفتگی پوشش های براق هم بیشتر است.



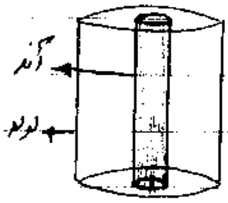
- اگر یک قطعه مانند شکل روبرو داشته باشیم و بخواهیم آن را به طور یکنواخت پوشش دهیم می‌بینیم که فاصله آند تا نقاط مختلف یکسان نیست. در این صورت دانسیته جریان در پتانسیل نقاط برجسته و فرورفته یکی نخواهد بود. ضخامت پوشش قسمت های فرورفته بیشتر از قسمت های برجسته است. پس پوشش ما غیریکنواخت می‌شود. برای اینکه پوشش یکنواخت تری ایجاد کنیم باید اضافه پتانسیل پلاریزاسیون یعنی تأثیر فاصله را از بین ببریم و دانسیته جریان یکنواخت شود. برای این کار از مواد تسطیح کننده استفاده می‌کنند که عنصرهای مختلف هستند، شرایط آن را اضافه می‌کند.

- قسمتی در روش الکتریکی substrate ما باید هادی باشد تا بتوانیم آن را پوشش دهیم. اگر نباشد نمی‌توانیم. حالا اگر بخواهیم روی پلاستیک یا چوب یک لایه بگیریم یا فیلم ایجاد کنیم امکان پذیر است. حتی روی بتون کنیم هم می‌توانیم پوشش ایجاد کنیم اما هر کدام شرایط خاص خود را دارند. امروزه قطعات الکتریکی که پلاستیک هستند پوشش Cr و Ni دارند. حتی frame های رادیو تلویزیون این طور هستند.

- در مورد قطعاتی که توخالی هستند مثل لوله، اگر بخواهیم داخل لوله را پوشش دهیم باید کاری کنیم که الکترولیت وارد لوله بشود. اگر لوله کوچک باشد مشکلی ندارد. باید توجه کنیم در این روش ما فقط سطوحی را می‌توانیم پوشش دهیم که نزدیک آند هستند. اگر بخواهیم دو سطح یک آند را پوشش دهیم باید دو تا آند استفاده کنیم یک آند را در جلوی آن و یک آند را پشت آن قرار دهیم. البته اینطور نیست که اگر یک آند بگذاریم فقط یک طرف ورق پوشش بگیرد. هر دو طرف پوشش می‌گیرند اما کیفیت آن‌ها بسیار متفاوت می‌شود.



در کارخانه‌ها برای تعداد زیاد ورق‌ها، به صورت یک در میان آند و کاتد را (آند کاتد آند کاتد) قرار می‌دهند، یعنی به صورت سری قرار می‌دهند.



در مورد لوله‌ها یا قطعات توخالی، طراحی هایی که انجام می‌شود به این صورت است که آند را درست در مرکز لوله قرار می‌دهند که می‌تواند دور تا دور لوله را پوشش دهد.

- در مورد قطعات کوچک مثل پیچ و مهره و سنجاق و ... اگر بخواهیم به مقدار خیلی زیاد پوشش دهیم از روش Barrel یا بشکه‌ای استفاده می‌کنند. یعنی بشکه‌هایی که تهیه می‌کنند مشبک هستند و این قطعات را درون آن می‌ریزند و این بشکه درون الکترولیت حرکت می‌کند. جریان الکتریکی از طریق کانکتورها وارد بشکه می‌شود و چون درون بشکه الکترولیت است جریان به قطعات می‌رسد و خیلی راحت پوشش را می‌گیرند.

www.iran-mavad.com
مرجع مهندسی مواد و متالورژی

گاهی اوقات از سبدهای فلزی هم استفاده می‌کنند. یعنی قطعات را داخل سبد قرار می‌دهند و سبد را درون الکترولیت

روش Electroless :

در این روش منبع تأمین الکترون با آبکاری الکتریکی متفاوت است. در اینجا اصلاً جریان الکتریکی نداریم. اما به هر حال چون یون می‌خواهد احیا شود باید الکترون را از یک جایی تأمین کنیم.

در این روش ترکیباتی را به الکترولیت اضافه می‌کنند به نام ترکیبات احیاء کننده که کار آن‌ها تولید الکترون است، چون [illegible] می‌شود. روش electroless را برای همه فلزات نمی‌توان به کار برد. در روش آبکاری الکتریکی نوع فلز تفاوت نمی‌کرد هر فلزی را می‌توانستیم ایجاد کنیم، اما در اینجا پوشش‌های محدودی را می‌توانیم ایجاد کنیم.

- معروف‌ترین پوشش Electroless پوشش Ni است. چون کاربرد صنعتی زیادی دارد.
- روش الکترولس را می‌توانیم برای فلزات نیکل Ag / Au / Zn / Cu / Pd (پالادیم) به کار ببریم.
- همراه محلول الکترولیت، یکسری مواد تسریع کننده و مواد پایدار کننده ... هم اضافه می‌کنیم
- حسن این روش این است که اگر قطعه‌ای سطح فرورفته شیار عمیق داشته باشد در آبکاری الکتریکی بی‌پوشش است.

- پوشش‌هایی که به روش electroless به وجود می‌آید پوشش‌های بسیار زیبایی است. درصد 3.12 پوشش‌های بسیار یکنواخت است از آبکاری الکتریکی پوشش‌های بهتری است
- عمدتاً پوشش‌های الکترولس را برای ایجاد زیرلایه پوشش‌های دیگر استفاده می‌کنند.
- در مورد Ni که بیشترین کاربرد را در صنعت دارد مواد دیگری که هم باید اضافه کنند را نام می‌بریم. منبع تأمین یون Ni، سولفات نیکل یا کلرید Ni است. یون احیا کننده‌ای که استفاده شده نیز هیپوفسفیت سدیم است با ترکیب شدن این دو ترکیب complex کننده آمونیک اضافه می‌شود. ترکیب بافر کننده نمک‌های سدیم هستند. یک تسریع کننده که ترکیب فلوراید است. یک ترکیب پایدار کننده که ترکیبات سولفوری هستند. یک ترکیب ترکننده اسید استیک است که سطح را آماده می‌کند برای اینکه پوشش انجام شود. متعادل کننده برای کنترل pH های [illegible] روی سطح فلز است که اسید بوریک و اسید [illegible] است. یک براق کننده هم اضافه می‌کنند

دمایی هم که پوشش را ایجاد می‌کند بین 60 تا 95 است که بیشتر از دمای آبکاری الکتریکی است

موادی که به کار می‌بریم در روش Electroless به مراتب بیشتر از موادی است که در آبکاری الکتریکی به کار می‌بریم و روش گران قیمتی است چون موادی که به کار می‌بریم گران قیمت هستند.

تصمیم این بود که برای ایجاد یک زیرلایه چون زیرلایه برای پلاستیک‌ها یعنی بدون استفاده از جریان الکتریکی استفاده می‌شود. در واقع برای مواردی که کاربرد الکتریکی ندارند یعنی پلاستیک‌ها را اول از روش الکترولس استفاده می‌کنیم و بعد آبکاری الکتریکی. در اینجا به طور فهرست‌وار مراحل تشکیل زیرلایه به صورت electroless در پلاستیک مرور می‌کنیم

- اولین مرحله etch کردن سطح برای ایجاد تخلخل است. پس پلاستیک را در محلول اسید سولفوریک در دمای محیط etch می‌کنیم به مدت چند دقیقه. اسید سولفوریک حدوداً 25%. بعد شستشو می‌دهیم.

سپس وارد محلول کلرور پالادیم می‌کنند که محلول بسیار گران قیمتی است. در این مرحله ذرات پالادیم در میان تخلخل‌هایی که در اثر etch کردن ایجاد کرده‌ایم قرار می‌گیرند. اگر کلرور پالادیم در دسترس نبود از کلرور قلع هم

s.a.m

www.iran-mavad.com
مرجع مهندسی مواد و متالورژی

می‌توان استفاده کرد که ارزان‌تر است. این ذرات با پالادیم یا پلاتین در داخل حفره‌ها و شیارها جای‌گیر می‌شوند.
حالا این قطعه را درون محلول سولفات مس قرار می‌دهیم به مدت حدود 1min. روی سطح یک لایه مس بسیار نازک
ایجاد می‌شود. به این لایه نازک اصطلاحاً strike می‌گویند که بسیار چسبنده است چون با پالادیم یا پلاتین مرتبط شده.
حالا پلاستیک هادی شده. می‌توانیم آن را آبکاری الکتریکی کنیم، ضخامت 0.1 μ تا 10 μ. سپس می‌توانیم با اعمال
پوشش‌های دیگر روی آن ایجاد کنیم.
پلاستیک‌ها هم همین‌طور. پلاستیک به صورت طبیعی هم مشکل است که بتوانیم آنها را آبکاری کنیم. حتی چوب را هم می‌توانیم
به این صورت آبکاری کنیم.

روش ایجاد پوشش در خلأ (Vacuum Coating):

در محفظه‌های خیلی پایین فشار یک Reactor (نیاز به Reactor داریم و هزینه بالاست) با حرارت بسیار زیاد فلز
تبخیر می‌شود و اتم‌های آن بیرون می‌آیند. اتم‌ها در Reactor پخش می‌شوند چون بین آنها و قطعه اختلاف پتانسیل وجود دارد. آنچه
مهم است این است که پوشش است و قطعه‌ای که می‌خواهیم روی آن پوشش دهیم. اتم‌های تبخیر شده در اثر اختلاف پتانسیل
شتاب می‌گیرند و به سطح می‌چسبند. در روش Vacuum Coating دو روش مشهور داریم:

روش PVD (Physical Vapor Deposition) با استفاده از تبخیر فیزیکی - از دمای محیط تا 500.
روش CVD (Chemical Vapor Deposition) با استفاده از تبخیر شیمیایی - در دماهای خیلی بالا.

پوشش‌هایی که از این طریق ایجاد می‌شود بسیار مقاوم در برابر سایش، بسیار مقاوم در دماهای بالا است. ساده‌ترین مثال
قلم تراش‌هایی است که با ماشین تراش به کار می‌رود. قلم‌هایی که رنگ زرد دارند با اندازه 1 cm را ملاحظه کنید.
پوشش زرد رنگ TiN (نیترید Ti) که مقاومت به سایش خیلی بالایی دارد.
برخی هم خاکستری رنگ هستند. TiC (کاربید Ti)
گذشته از کاربید تنگستن بود به صورت پودر که هزینه بالایی داشت و آنها با تراش می‌خوردند.