

به نام خدا



# مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)



## مفاهیم کلی آندایزینگ آلومینیوم

آلومینیوم فلزی است سبک با رنگ سفید متمایل به آبی که بعد از سیلیسیوم فراوان تریس درصد از عناصر پوسته زمین را تشکیل می دهند این فلز را در صنعت با استفاده از روش الکترولیتی از بوکسیت یا آلومین هیدراته ( $AL_2O_3, 2H_2O$ ) بدست می آورند. قابلیت چشم گیر آلومینیوم در هدایت جریان الکتریکی، درخشندگی، تورق پذیری و نیز استحکام قابل توجه برخی از آلیاژهای آن در مقایسه با فولاد، آن در ردیف پر مصرف ترین فلزات در زمینه های صنعتی، تزئینی و ساختمانی قرار داده است میل ترکیبی شدید آلومینیوم و آلیاژهای آن با اکسیژن باعث می گردد که در شرایط طبیعی لایه بسیار نازکی از اکسید ( $AL_2O_3$ ) بر سطح قطعات آلومینیومی تشکیل شود و به مثابه سپری محکم و فساد ناپذیر مابقی فلز را در مقابل عوامل خورنده جوی محافظت نماید. در مصارف صنعتی و تزئینی نیز با استفاده از روشهای شیمیایی و الکترولیتی لایه اکسیدی فوق را با کیفیت های متفاوت بر سطح فلز ایجاد می نمایند که اصطلاحاً به روش اجرایی آن آندایزینگ اطلاق می گردد. این عمل باعث افزایش کیفیت آلومینیوم، گسترش دامنه مصرف و مقاومت بیشتر آن در برابر خوردگی می شود.

## اندازینگ آلومینیوم، مفاهیم و کاربردها:

به مجموعه عملیاتی که با تشکیل یک لایه نازک اکسیدی بر روی قطعات آلومینیومی باعث افزایش سختی، مقاومت در برابر خوردگی، ایجاد نمای تزئینی و تغییر برخی از خصوصیات فیزیکی آنها می گردد آندازینگ اطلاق می شود.

مکانیزم کلی عمل بدین صورت است که جریان مستقیم برق از مایع الکترولیت مناسبی می گذرد که در آن آلومینیوم آند بوده و فلز مناسب دیگری کاتد می باشد. در این صورت بر سطح آلومینیوم لایه نازکی از اکسید ایجاد می گردد که ضخامت آن به عوامل گوناگونی بستگی دارد.

آلومینیوم در شرایط معمولی نیز اکسیدی می شود بطوری که در مجاورت هوا و بطور معمول لایه ای از اکسید به ضخامت  $0.01$  میکرون و به صورت غیرمتخلخل بر روی سطوح قطعات آلومینیومی تشکیل می گردد که وظیفه حفاظت از سطح فلز را در محیط برعهده دارد اما برتری و مزیت اکسید ایجاد شده در روش آندازینگ نسبت به شرایط طبیعی مقاومت بیشتر آن در مقابل خوردگی است.

قطعات و سطوح آلومینیومی را به دلایل زیر اندازینگ می نمایند:

الف - افزایش مقاومت در مقابل خوردگی.

پوشش اکسیدی - آندی سیل شده آلومینیوم باعث محافظت فلز در

برابر عوامل خورنده جوی و نمکها می گردد.

ب - افزایش قدرت چسبندگی رنگها:

لایه اکسیدی - آندی سبب به وجود آمدن سطح فعال شیمیایی شده و زمینه و بستر مناسبی را جهت رنگ آمیزی ایجاد می نماید.

ج - به عنوان یکی از مراحل آبکاری:

تخلخل موجود در پوشش اکسیدی - آندی باعث افزایش قابلیت آبکاری قطعات آلومینیومی می شود. (بطور مثال از آندایزینگ در الکترولیت اسید فسفریک میتوان نام برد که به عنوان مرحله ماقبل آبکاری بکار می رود).

د - ایجاد نمای ظاهری مناسب جهت دکوراسیون و تزئینات:

لایه اکسیدی - آندی آلومینیوم بطور طبیعی درخشان بوده و مقاومت خوبی در مقابل خوردگی دارد. لذا میتوان از آن به عنوان سطح نهایی مورد نظر جهت تزئینات و نماسازی استفاده نمود. درخشندگی و براقیت سطح مزبور به نوع آلیاژ، روش اچ کاری و براق کاری و سایر شرایط مناسب بستگی دارد.

ه - عایق کاری:

اکسید آلومینیوم عایق می باشد و میتواند در مقابل ولتاژهایی که از چند تا چندین هزار ولت به عنوان عایق عمل کند که کیفیت و کمیت آن به نوع آلیاژ و ضخامت لایه اکسیدی بستگی دارد.

و - کاربرد در صنایع فتوگراف و لیتوگراف:

وجود حفره ها و تخلخل های بی شمار در پوشش اکسیدی - آندی باعث بالا رفتن قدرت مکانیکی صفحات لیتوگراف در نگهداری محلول های مربوط به فتوگراف و لیتوگراف می گردد.

ز - افزایش قابلیت تابش و انتشار حرارت:

لایه اکسیدی - آندی در ضخامت های بیش از ۰/۰۳۲ میلیمتر باعث افزایش قابلیت تابش و انتشار حرارت می گردد. بطور مثال ورق آندایز شده آلومینیومی پس از رنگ آمیزی با رنگ سیاه می تواند به نحو بسیار مطلوبی جهت جذب حرارت تا حدود ۲۳۰ درجه سانتیگراد مورد استفاده قرار گیرد.

ح - افزایش مقاومت سایشی:

با استفاده از مکانیزم آندایزینگ سخت بر روی قطعات آلومینیومی پوشش به ضخامت حدود ۱ تا ۴ میلیمتر ایجاد می شود که دارای سختی بالایی است و میتوان از آنها جهت ساخت یاتاقانها و قطعات دوار و یا سایر مواردی که نیاز به مقاومت سایشی دارند استفاده نمود. تمام پوششهای اکسیدی - آندی نسبت به خود آلومینیوم سخت تر هستند اما در برخی از موارد (مانند لایه اکسیدی - آندی حاصل از آندایزینگ در حمام اسید کرومیک) نرم بوده و جهت کاربری در شرایطی که به مقاومت سایشی نیاز دارد مناسب نمی باشد.

ط - ردیابی و کنترل درزهای سطحی:

پوشش اکسیدی - آندی حاصل از حمام اسید کرومیک میتواند به عنوان یک عامل بازرسی جهت کشف و بررسی درزهای سطحی موجود بر روی ورق یا قطعات آلومینیومی عمل نماید. بدین صورت که پس از آندایزینگ قطعات مزبور در داخل اسید فوق الذکر آنها را سریعاً "با آب شسته و خشک می کنند .

اسید کرومیک باقیمانده در شکاف درزها و ترک های مویی، بیرون زده می شود و موقعیت عیوب را از نظر مکانی نشان می دهد. در بخشهای بعدی کتاب روشهای مختلف آندایزینگ آلومینیوم، خواص و ویژگی های بوجود آمده در فلز بعد از اجرای عملیات و نیز تجهیزات مورد نیاز بطور مشروح بیان خواهد گردید.

### **مکانیزم تشکیل لایه اکسیدی - آندی:**

حمام اسیدسولفوریک به غلظت ۱۰٪ حجمی را در نظر گرفته و در آن یک قطعه آلومینیومی را به قطب مثبت منبع الکتریسیته (آند) وصل کنید و فلز مناسب دیگری مانند قلع را به عنوان کاتد به قطب منفی منبع الکتریسیته اتصال دهید دانسیته جریان مستقیم ( DC ) مورد نیاز در این پروسه حدود ۱ تا ۱/۶ آمپر بر دسیمتر مربع می باشد که از پتانسیلی حدود ۱۳ تا ۱۷ ولت ایجاد می شود. در دمای معمولی اتاق وقتی که جریان برق برقرار می گردد اسید

سولفوریک شروع به تجزیه می کند، در اثر این فعل و انفعالات در قطب منفی (کاتد) هیدروژن ایجاد می گردد و به موازات یون های اکسیژن و سولفات - (آنیون ها) توسط قطب مثبت (آند) که آلومینیوم به آن اتصال است جذب می گردند.

شارژ الکتریکی در داخل سیستم فوق باعث می گردد که یون های مثبت آلومینیوم (کاتیون ها) به سمت کاتد هدایت شوند و در همان حال در سطح آند ، کاتیون ها یا آلومینیوم با آنیون های اکسیژن ترکیب شده و تشکیل اکسید آلومینیوم را می دهند. مقداری از یون های آلومینیوم نیز قادر به ترکیب با اکسیژن نبوده و به صورت نامحلول در الکترولیت باقی می مانند.

پوشش اکسیدی - آندی آلومینیوم از تعداد زیادی حفره های شش ضلعی ساخته شده است که اندازه آنها در یک اینچ مربع حدود چند میلیون عدد می باشد. در وسط هر کدام از این شش ضلعی ها سوراخی وجود دارد که اطراف و قسمت تحتانی ن توسط لایه ای اکسیدی از فلز مبنا جدا شده است. ابعاد حفره ها در الکترولیت های مختلف تفاوت دارد و بطور تقریبی به شرح زیر می باشد:

- قطر داخلی :  $100 - 250 \text{ A}^\circ$  ( $1 \text{ A}^\circ = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$ )

- ضخامت دیواره اطراف حفره :  $100 - 200 \text{ A}^\circ$

- ارتفاع حفره یا ضخامت پوشش : ۵۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ برابر قطر داخلی حفره.

چنین حفره هایی به خصوص در محلول الکترولیت اسید سولفوریک بدین دلیل تشکیل می گردند که در دقایق اولیه شروع پروسه آندایزینگ لایه نازکی از اکسید تشکیل می شود که ضخامت آن با ولتاژ اعمال شده متناسب است، برخی از محلول های الکترولیت (مانند اسید سولفوریک) در حین عملیات آندایزینگ پوشش اکسیدی مزبور را در خود حل می نماید.

مکانیزم این عمل بسیار پیچیده است اما به نوبه خود نوعی کشمکش را در رابطه با ایجاد و رشد اکسیدی و انحلال و خوردگی آن بطور همزمان در میلیونها نقطه یا حفره در هر اینچ بوجود می آورد که در نهایت به نوعی تعادل ختم می گردد.

یک حوزه الکتریکی نیز در همه حفره ها وجود دارد که باعث به وجود آمدن فواصل مساوی حفره ها نسبت به یکدیگر و نیز ابعاد یکنواخت و هم اندازه دیواره های اکسیدی اطراف آن می گردد. بدین ترتیب تمامی حفره ها دقیقاً "مشابه یکدیگر و به موازات هم قرار می گیرند. در طول پروسه آندایزینگ سطح قطعه آلومینیومی با لایه ای از اکسید آلومینیوم پوشیده می شود ضخامت لایه اکسیدی مزبور تقریباً "معادل دو برابر ضخامت آلومینیومی است که از سطح قطعه کار برداشته می شود. تفاوت سطح آلومینیوم قبل و بعد از عملیات آندایزینگ در شکل کاملاً مشخص می باشد.



## ترکیب شیمیایی لایه اکسیدی حاصل از آندایزینگ:

محققین در رابطه با ترکیب شیمیایی لایه اکسیدی حاصل از آندایزینگ بر روی آلومینیوم نظرات متفاوتی را ابراز داشته اند که عمده ترین آنها به صورت زیر است.

الف: عمومی ترین دیدگاه و نظریه در این رابطه عبارت است از:

الف ۱ - بنابر اعتقاد برخی از پژوهشگران ۱۳ درصد وزن لایه اکسیدی - آندی ایجاد شده در عملیات آندایزینگ را  $SO_3$  تشکیل می دهد که با انجام عمل شستشو و آب کشی میتوان حدود ۵ درصد از این نسبت کاست. نمودار زیر رابطه بین حرارت جریان اعمال شده و درصد  $SO_3$  تولید شده در پورسه آندایزینگ با محلول الکترولیت اسید سولفوریک به غلظت ۱۶۵ گرم در لیتر را نشان می دهد.

به نظر می رسد وجود سولفات در لایه اکسیدی باعث حرکت دادن پروتون ها از سطح لایه مزبور گردیده و علاوه بر تسهیل در امر آندایزینگ سبب کاهش ولتاژ مورد نیاز عملیات نیز می شود.

الف ۲ - در پوشش اکسیدی - آندی آب بندی نشده به میزان زیادی  $AL_2O_3$  به همراه هیدرات وجود دارد که مقدار آن در برخی آزمایشهای انجام شده با شدت جریان ۱/۲ آمپر بر دسیمتر مربع برابر ۸۶/۱ درصد وزن لایه اکسیدی گزارش شده است.

الف ۳ - میزان آب موجود در پوشش اکسیدی - آندی آب بندی نشده (سیل نشده) تقریباً " ۰/۵ تا ۱۲/۵ درصد وزن کل لایه مزبور می باشد.

ب : برخی از پژوهشگران مانند Byalobzhenskii و Tomashov فرمول  $Al_2O_3$  و  $0.9H_2O$  را به عنوان مشخصه شیمیایی لایه اکسیدی سیل نشده حاصل از آندایزینگ در محلول الکتrolیت اسید سولفوریک مطرح کرده اند.

ج - نتایج زیر که از آزمایشات صورت گرفته در محلول الکتrolیت اسیدسولفوریک با غلظت ۳۲ گرم در لیتر، در دای ۱۲ تا ۲۰ درجه سانتیگراد و ولتاژ ۱۲ ولت حاصل شده است نیز روایتی دیگر از ترکیب شیمیایی لایه اکسیدی - آندی را بیان می دارد.

آلومینیوم آزاد ۴/۵۶ درصد

$Al(OH)_3$  ۲۷/۱۴ درصد

$AlOOH$  ۶۸/۳ درصد

در بررسی مورد فوق اولاً "هیچ نشانی از اکسید آلومینیوم ( $Al_2O_3$ ) مشهود نیست و ثانیاً" ظهور و تشکیل یون های آلومینیوم به میزان ۴/۵۶ درصد نیز غیرمنتظره و ناخوشایند به نظر می رسد.

به گفته برخی از محققین لایه اکسیدی شکل گرفته در محلول الکتrolیت اسید سولفوریک دارای توازن ترکیبی مشخصی نیست و تعداد یونهای آلومینیوم نیز به موازات رشد و افزایش ضخامت لایه اکسیدی کاهش می یابد. حضور یون های آلومینیوم در لایه اکسیدی - آندی مزبور میتواند در تصحیح

و توجیه برخی زمینه های تئوریک پیچیده فیزیکی و شیمیایی منطقی و مفید به نظر آید.

د - دو تن از محققان بنامهای Baker و Brace با استفاده از تکنیک رادیو شیمیایی به کمک تراشه S35 دریافتند که در ترکیب پوشش اکسیدی حاصل از آندایزینگ در محلول الکتrolیت اسیدفسفریک مقادیر  $S O_4$  نیز همزمان با آغاز پروسه تشکیل می گردد که عملیات آب کشی و شستشو جهت کاهش میزان آن بی نتیجه است. اما با رشد و افزایش ضخامت لایه اکسیدی بر روی فلز، میزان سولفات به مرور کاهش می یابد.

ه - ترکیب پوشش اکسیدی - آندی ایجاد شده بر روی آلومینیوم با استفاده از الکتrolیت های دیگر نیز مشابه موارد قبل می باشد.

برخی از تحقیقات نشان می دهد که حدود ۳ درصد از وزن لای اکسیدی آندی ایجاد شده بر سطح قطعه آلومینیومی در الکتrolیت اسید اگزالیک را خود اسید اگزالیک تشکیل می دهد و مابقی آن نیز  $Al_2 O_3$  بی شکل و غیر متبلور و مقداری آب به صورت  $H_2O$  و  $2Al_2O_3$  می باشد.

همچنین حدود ۰/۴ تا ۰/۷ درصد وزن لایه اکسیدی - آندی حاصل از پروسه آندایزینگ در الکتrolیت اسید کرومیک نیز مربوط به خود اسید کرومیک می باشد و در ترکیب لایه اکسیدی مزبور که  $Al_2 O_3$  بدون آب است جای می گیرد.

## ضخامت لایه اکسیدی - آندی:

ضخامت لایه اکسیدی - آندی ایجاد شده بر روی آلومینیوم به مدت زمان حضور قطعه در داخل حمام بستگی دارد مشروط بر اینکه تمام شرایط انجام کار استاندارد باشد. در این صورت برای به دست آوردن ضخامتی معادل ۵ میکرون با دانسیته جریان  $1/6$  آمپر بر دسیمتر مربع حدود ۱۰ دقیقه و برای ضخامتی برابر ۱۰ میکرون حدود ۲۰ دقیقه زمان مورد نیاز است.

به عبارت دیگر هر چه ضخامت بیشتری مدنظر باشد زمان بیشتری مورد نظر می باشد، اما در برخی موارد حتی با افزایش زمان عملیات ممکن است هیچ نوع افزایش ضخامتی ایجاد نشود. شکل زیر نشان دهنده ضخامت لایه اکسیدی حاصل از آندایزینگ برخی از آلیاژهای مختلف آلومینیوم نسبت به زمان می باشد. (محللول الکترولیت اسیدسولفوریک با غلظت ۱۶۵ گرم در لیتر و دانسیته جریان نیز  $1/2$  آمپر بر - دسی متر مربع است). دلیل محدودیت در ایجاد ضخامت دلخواه و بالا در لایه پوشش اکسیدی هنوز مشخص و قطعی نیست اما میتوان آن را ناشی از تعادل بین دو عامل زیر دانست:

الف - قابلیت جریان الکتریکی در انتقال یون های آلومینیوم از لایه ها به منظور ایجاد و تشکیل اکسید تازه.

ب - قابلیت حل آلومینیوم توسط محللول الکترولیت (اسیدسولفوریک) ..

از جمله دلایل دیگر محدودیت ضخامت لایه اکسیدی قال تشکیل می تواند گرمای ایجاد شده در پروسه آندایزینگ باشد زیرا اگر جریانی معادل  $1/6$

آمپر و ولتاژ ۱۶ ولت را جهت هر دسیمتر مربع از سطح آندالیز شده مناسب بدانیم در آن صورت به ازای جریان فوق گرمایی معادل ۲۴۰ وات ایجاد خواهد شد.

از سوی دیگر، تشکیل اکسید آلومینیوم نیز گرمازا بوده و به ازای هر گرم از اکسید تشکیل دهنده ۴۰۰ کیلوکالری گرما آزاد میگردد. هر چند که این گرما می تواند با استفاده از هم زن و یا جریان باد از داخل حمام خارج شود. اما به نوبه خود مانع از رشد و افزایش ضخامت لایه اکسیدی - آندی می شود. همچنین در پروسه آندایزینگ سخت، با اعمال دانسیته جریان ۲/۵ آمپر بر دسیمتر مربع در صفر درجه سانتیگراد زمانی که اکسیژن در آندها ظاهر می شود به صورت پلاریزاسیون عمل کرده و مقاومت را در لایه آندی افزایش می دهد.

این عمل نیز باعث محدودیت در رشد لایه اکسیدی می گردد. در تقابل با این پدیده اگر ولتاژ افزایش یابد به نحوی که بتواند مقاومت مزبور را در هم شکند سوختگی فلز پیش خواهد آمد که مشکل آفرین می باشد.

### **اهمیت مواد در آندایزینگ :**

نتایج حاصل از آندایزینگ در آلیاژهای مختلف آلومینیوم یکسان نیست و هر آلیاژی پس از انجام عمل آندایزینگ کیفیت ویژه ای خواهد داشت. دسته ای از آلیاژهای بهترین قابلیت را در رابطه با براق کاری و انعکاس نور دارا

می باشند در حالی که دسته ای دیگر به عکس هیچگونه قابلیت را برای براق کاری ندارند و جهت سخت کاری و یا اهداف دیگر مناسب می باشند.

جداول بعد استانداردهای بین المللی آلیاژهای مختلف آلومینیوم را در مقام تطبیق قرار داده و سپس قابلیت هر کدام از آنها را جهت آندایزینگ (با اهداف مختلف از قبیل براق کاری، ایجاد سختی و رنگ آمیزی) به صورت امتیاز بیان می دارد به صورتی که امتیاز ۵ عالی ترین و بهترین نتیجه و امتیاز ۱ پایین ترین قابلیت و نتیجه را در آندایزینگ پذیری آلیاژ مربوطه نشان میدهد. مابقی امتیازات (۴، ۳ و ۲) به ترتیب مبین کیفیت بسیار خوب، خوب و متوسط می باشد.

نکات زیر در رابطه با آلیاژهای ریختگی سری LM قابل ذکر می باشد:

الف - هیچکدام از آلیاژهای فوق قابلیت خوبی را جهت براق شدن ندارند.

ب - به منظور آندایزینگ هر کدام از آلیاژهای فوق می بایست تکنیک و روشهای خاصی را از نظر غلظت الکترولیت، ولتاژ و غیره در نظر گرفت.

بطور مثال، جهت آندایز کردن آلیاژهایی که دارای درصد زیادی از سیلیس می باشند می بایست ولتاژ بالایی را به آنها اعمال نمود (تا ۲۴ ولت) و آلیاژهای شامل مس بهتر است که در محلول الکترولیت اسید سولفوریک با غلظت  $7N - 4N$  آندایز شوند.

ج - رنگ ایجاد شده بر روی قطعات آندایز شده آلیاژهای فوق تحت تاثیر درصد عناصر تشکیل دهنده آلیاژ بوده و معمولاً "تیره می باشند.

## **۶ مراحل اجرایی آندایزینگ آلومینیوم :**

هدف از آندایزینگ آماده سازی سطوح خارجی قطعات آلومینیومی برای کاربردهای مختلف و گوناگون مانند سخت کاری، مصارف ساختمانی، تزئینی و درخشندگی می باشد. جهت دستیابی به کیفیت مورد نیاز لازم است که تمامی مراحل عملیاتی آندایزینگ به ترتیب و به صورت دقیق انجام پذیرد.

### **مراحل اجرایی آندایزینگ**

#### **تجهیزات مورد نیاز در عملیات آندایزینگ**

دستیابی به کیفیت عالی در آندایزینگ قطعات آلومینیومی به عوامل مختلفی همچون کامل بودن تجهیزات و استفاده صحیح و درست آن ، بالانس بودن ظرفیت مراحل مختلف پروسه عملیاتی و مهمتر از همه مدیریت ذیصلاح و آگاه نسبت به دانش و تکنولوژی آندایزینگ بستگی دارد. در این میان تجهیزاتی که جهت آندایزینگ مورد استفاده قرار می گیرد حائز بیشترین اهمیت می باشند که عمدتاً عبارتند از:

#### **تانک آندایزینگ :**

مهمترین موردی که در جریان عملیات آندایزینگ باید مد نظر قرار گیرد تانک و تجهیزات جانبی آن است که عملیات آندایزینگ در داخل آن انجام می

شود. بدنه تانک می بایست در مقابل خوردگی اسیدسولفوریک مقاوم باشد. روشهای مختلفی برای نیل به این منظور وجود دارد که انتخاب هر کدام از آنها به قیمت، نوع مواد و قابلیت مقاومت آن در مقابل خوردگی بستگی دارد. مانند پوشش سرب، لاستیک سخت، انواع پلاستیکها، آجرهای ضد اسید، در رابطه با روشهای فوق بطور مختصر توضیحاتی ارائه می گردد:

#### الف - پوشش سربی :

سالیان زیادی از سرب به عنوان یک لایه محافظ در تانکهای کوچک و متوسط آندایزینگ استفاده می شد که از مزایای آن سهولت و سرعت در نصب و تعمیر آن بود اما در حال حاضر این روش جهت پوشش دادن به بدنه تانک کاربرد کمتری دارد.

علاوه بر این در برخی از کارگاهها لایه سربی فوق به عنوان کاتد مورد استفاده قرار می گیرد که مشکلاتی را نیز به وجود می آورد. بطور مثال گاهی در هنگام در آوردن و یا جای گذاردن قطعات کار به علت بی دقتی اپراتور اتصال کوتاهی بین کار و بدنه تانک ایجاد می شود که باعث خرابی قطعه کار و صدمه زدن به پوشش سربی تانک اسیدسولفوریک در معرض خوردگی قرار می گیرد که هزینه زیادی را جهت تعمیر به دنبال خواهد داشت. از مشکلات دیگری که ضمن استفاده از لایه سربی به عنوان کاتد به وجود می



آید قدرت پرتاب ناهماهنگ در جریان داخل تانک می باشد که باعث ایجاد ضخامت های نامتناسب پوشش در قسمت های مختلف قطعه کار می گردد.

ب - پوشش لاستیکی:

در برخی از صنایع استفاده از پوشش لاستیکی در بدنه تانکها با توجه به هزینه مناسب و ویژگیهای خاص آن رواج دارد. مهمترین خصوصیتی که مواد لاستیکی باید دارا باشند تا به عنوان پوشش مورد استفاده قرار گیرند عبارتند از:

- مقاومت در مقابل خوردگی اسید در غلظت های نرمال و معمولی.
- مقاومت در مقابل حرارتی ناشی از عملیات ، به خصوص هنگامی که مایع الکترولیت جدید در حال ساخت می باشد، زیرا در چنین حالتی حرارت معمولاً" به ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد می رسد.
- مقاومت مکانیکی در مقابل ضربه های ناشی از برخورد قطعه با بدنه تانک.
- مقاومت در مقابل سایش به خصوص هنگامی که قطعات را در داخل حمام قرار می دهند یا از آن خارج می کنند، زیرا در چنین حالتی احتمال تماس قطعه با بدنه تانک وجود دارد.

بطور معمول ضخامت پوشش لاستیکی در سطوح جانبی تانک حداقل ۱/۵ میلیمتر و در لبه ها و گوشه ها حدود ۳ میلیمتر توصیه شده است تا در

برابر ضربه های مکانیکی ، تنش های حرارتی و فعل و انفعال حرارتی مقاومت نماید.

ج - آجرهای مقاوم در مقابل اسید:

برخی از حمامهای بزرگ آندایزینگ و همچنین کف سالن های عملیاتی را با آجرهای ضد اسید می پوشانند. با توجه به مقرون به صرفه بودن آن از نظر اقتصادی و مقاومت آجرها در مقابل خوردگی اسید ، در مواقعی که نصب تانک آندایزینگ در داخل زمین الزامی است استفاده از آجرهای ضد اسید بهترین و مطلوبترین روش می باشد. سیمانی که جهت اتصال آجرهای مزبور بکار می رود نیز می بایست در مقابل اسید مقاومت باشد.

د - پوشش پلاستیک (PVC) :

استفاده از مواد PVC به عنوان پوشش داخلی تانک کاربرد وسیعی پیدا کرده است و از لحاظ قیمت و کارآیی نیز با دیگر مواد پوششی قابل رقابت می باشد.

### **کاتد:**

برخی از عناصر و فلزات می توانند به عنوان کاتد در داخل تانک آندایزینگ قرار گیرند که عمده ترین آنها سرب ، آلومینیوم و گرافیت است.

الف - ورق آلومینیوم معمولی ترین فلز در ساخت کاتد می باشد که توسط پیچ و مهره و یا هر وسیله دیگری به میله حامل جریان منفی (کاتد) وصل می شود وقتی که جریان الکتریسیته برقرار می گردد ورق آلومینیومی یا کاتد در مقابل

خوردگی محافظت خواهد شد و در حالتی که جریان برقرار نیست ورق فوق الذکر در داخل محلول الکترولیت به مرور حل می شود ولی مقدار آن بسیار کم و جزئی است و به شرایط محلول داخل تانک بستگی دارد. در صورتی که از اسید سولفوریک با غلظتی کمتر از ۲۵۰ گرم در لیتر به عنوان محلول الکترولیت استفاده شود و حرارت حمام نیز کمتر از ۲۵ درجه سانتیگراد باشد ورق اکستروود شده آلومینیومی به ضخامت ۳ میلیمتر سالیان دراز می تواند بعنوان کاتد مورد استفاده قرار گیرد و راندمان خوبی را نیز به همراه داشته باشد.

ب - گرافیت از دیگر موادی است که میتوان از آن به عنوان کاتد استفاده نمود. ورق گرافیت قابلیت انتقال مقدار زیادی از جریان را دارا می باشد اما حمل و نقل و جابجایی آن مشکل بوده و جهت نصب نیز نیاز به دقت زیادی دارد.

توجه به این نکته الزامی است که میله های حامل جریان منفی که از یک سو به صفحات کاتدی و از سوی دیگر به قطب منفی منبع تغذیه متصل اند می بایست حتماً از جنس آلومینیوم انتخاب گردند زیرا در صورتی که از مس به عنوان میله های انتقال جریان استفاده شود بطور قطع باعث ایجاد اشکالاتی در محل اتصالات شده و خوردگی الکترولیتی را بر روی آلومینیوم ایجاد خواهد نمود.

علاوه بر آن خورده شدن مس در جو اسیدی و تشکیل نمک مس در محلول الکترولیت باعث خرابی کار نیز می گردد. (در صورتی که بنابه دلایلی

استفاده از میله مسی الزامی باشد می یابد روی آن را با رنگ یا مواد ضد اسیدی پوشاند تا مانع خوردگی و یا ترکیب آن با محلول الکترولیت گردد)

### **تلاطم در محلول الکترولیت :**

جهت یکنواخت نگهداشتن دمای تمام نقاط داخل حمام می توان از لوله های باد، هم زن و حرکات نوسانی استفاده نمود. اما عمومی ترین روش استفاده از لوله های باد است که نازل های آن با دهانه ای به قطر حدود ۳ میلیمتر و به فواصل ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلیمتر نسبت به یکدیگر در ته تانک آندایزینگ نصب می شوند. هوای فشرده و تنظیم شده با استفاده از لوله یافته و از دهانه آنها خارج می شود.

استاندارد خاصی جهت مشخص نمودن میزان فشار هوای خارج شده از نازلها وجود ندارد و هر واحد تاسیسات آندایزینگ می بایست بر اساس شرایط کاری و با استفاده از روش سعی و خطا نسبت به یافتن حالت بهینه اقدام نماید به گونه ای که کمترین تغییر ممکن در شدت جریان قابل اعمال در پروسه آندایزینگ ایجاد شود.

نتایج آزمایش صورت گرفته در حرارت ۲۱ درجه سانتیگراد و ولتاژ ۱۸ ولت نشان می دهد که متناسب با شدت تلاطم ایجاد شده توسط فشار هوا در محلول الکترولیت دانسیته جریان مورد نیاز جهت انجام عملیات آندایزینگ کاهش می یابد.

نتایج فوق مبین این واقعیت است که تلاطم و به هم خوردن محلول در جریان عملیات آندایزینگ نقش به سزائی دارد. جریان هوای دمیده شده به نازل های ته تانک آندایزینگ می بایست تا حدی افزایش یابد که شدت جریان ثابت مانده و هیچگونه کاهشی در آن مشاهده نشود. از سوی دیگر تلاطم و به هم خوردن محلول الکترولیت بر میزان ولتاژ ، ضخامت لایه اکسیدی و انحلال مجدد لایه مزبور در داخل حمام آندایزینگ در حین عملیات موثر می باشد. این رفتار نشان می دهد که از آزمایشات مختلف استنتاج گردیده است دانسیته جریان در طول مدت انجام این آزمایش ثابت و برابر  $1/5$  آمپر بر دسیمتر مربع در نظر گرفته شده است.

### **کنترل دمای حمام و خنک کردن محلول الکترولیت:**

به نظر می رسد که نوعی تمایل ذاتی و درونی در محلول الکترولیت وجود دارد که در طول عملیات آندایزینگ ، درجه حرارت آن افزایش می یابد. این امر ناشی از عبور جریان الکتریسیته و همچنین گرمای ایجاد شده به میزان تقریبی  $400$  کیلو کالری به ازای هر گرم از لایه اکسیدی تشکیل شده بر سطح فلز می باشد.

دمای مزبور بر روی ضخامت ، سختی و نرمی لایه اکسیدی و همچنین ایجاد حفره های ریز روی آن تاثیر می گذارد. به همین جهت منطقی است که دمای حمام آندایزینگ ثابت نگهداشته شود. یکی از روش های مورد استفاده

در این رابطه گردش آب خنک سیر کوله شده در جداره تانک می باشد که دمای آن با استفاده از ترمومتر کنترل می شود . برخی از کارخانجات محلول الکترولیت را پمپاژ نموده و بعد از خنک کردن توسط مبدل حرارتی خارجی ، آن را به تانک باز می گردانند در این حالت فرمان پمپاژ می تواند با استفاده از یک ترموستات عملی گردد.

### **کنترل شدت جریان :**

جهت آندایزینگ آلومینیوم در حمام اسید سولفوریک به جریان مستقیمی معادل ۱۲ تا ۲۴ ولت نیاز می باشد که میزان دقیق آن به نوع آلیاژ و ضخامت مورد نظر لایه اکسیدی بستگی دارد. در برخی از موارد با در نظر گرفتن جنس آلومینیوم و نوع آندایزینگ (سخت یا رنگی) به ولتاژی معادل ۲۰ تا ۲۴ ولت و برای آلیاژهای سخت به ۷۵ تا ۱۲۰ ولت نیاز می باشد. به دلیل اهمیتی که شدت جریان عملیات بر کیفیت لایه اکسیدی ایجاد شده دارد می بایست به صورت دستی یا مکانیزه نسبت به کنترل و تثبیت شدت جریان اقدام نمود. سیستمهای مختلفی در این رابطه وجود دارند که بر اساس مکانیزم ثبوت ولتاژ و یا ثبوت جریان عمل نموده و کنترل جریان و ثبوت آن را محقق می سازند.

## قلابها:

تمامی قطعات جهت آندایز شدن می بایست به طریقی به میله جریان مثبت (آند) وصل شوند. بنابراین قلابها نقش موثری را در این رابطه عهده دار می باشند. انتخاب و ساخت قلاب مناسبی که بتواند از سویی قطعه کار را محکم نگهداشته و اتصال این خود و تسمه حامل جریان را به نحو مطلوب و محکمی برقرار نماید و از سوی دیگر جریان و ولتاژ مورد نیاز را از خود عبور دهد. بیشتر به یک هنر می ماند که از تجربه زیاد و مدنظر قرار دادن مبانی علمی ناشی می گردد.

آلومینیوم و آلیاژهای آن در ساخت قلابها و بست ها معمولاً "بیشترین کاربرد را دارند (هر چند که فلز تیتانیوم نیز اخیراً" در این زمینه مطرح گردیده است) دلیل آن نیز شاید قابلیت انعطاف قلابهای آلومینیومی باشد که با انجام تغییراتی بر روی هر قلاب می توان آنها را جهت اتصال قطعات با ابعاد متفاوت مورد استفاده قرار داد.

برای قطعات کوچک می توان قلابها را به صورت چنگه هایی درست کرد و بر روی هر کدام از آنها چندین قطعه را آویزان نمود در صورتی که نتوان قطعات را به علت کوچکی بیش از حد روی قلابها آویزان کرد استفاده از گردونه مخصوص الزامی است. در هر صورت موارد زیر در انتخاب و ساخت قلابها و همچنین کاربری آن می باید مدنظر قرار گیرد.

الف - ترکیب آلیاژهای آلومینیوم مورد استفاده جهت ساخت قلابها نباید دارای بیش از ۵٪ مس و ۷٪ سیلیسیوم باشد.

ب - ابعاد قلابها باید طوری انتخاب گردد که بطور کامل بتواند جریان مناسب را به هر کدام از قطعات برساند.

ج - جنس قلابها باید به گونه ای باشد که در مقابل فشار مکانیکی ، خوردگی و گرما مقاومت کافی را دارا باشد.

د - قلابهای چنگه ای که چندین قطعه بر روی آن نصب می شوند می بایست طوری طراحی گردند که هر کدام از قطعات به نحو مستحکمی بر روی آن قرار گرفته و به مقدار کافی مایع الکترولیت و جریان هوا در بین فواصل قطعات جریان داشته باشد و نیز بتواند جریان برق را به طور مساوی به همه قطعات برساند.

ه - اگر از آلومینیوم و آلیاژهای آن در ساخت قلابها استفاده شود معمولاً همراه با قطعات متصل به آن آندایز شده و قشری از اکسید بر روی آن می نشیند. این اکسید عایق الکتریکی بوده و جریان را از خود عبور نمی دهد. بنابراین جهت هدایت بهتر جریان الکتریسیته می بایست لایه اکسیدی فوق را (به خصوص در بخشهایی از محل اتصال به تسمه حامل جریان یا به قطعه کار است) از بین برد بدین منظور کافی است که قلاب های اکسید شده را در یکی از ترکیبات زیر غوطه ور نمود.

سود سوز آور                      ۵٪ وزنی



ب	بقیه حجم تانک
درجه حرارت	۳۸ - ۶۵ درجه سانتیگراد
۱- ی :	
اسید سولفوریک	۳۷ گرم در لیتر
اسید فسفریک	۳۷ گرم در لیتر
آب	بقیه حجم تانک
درجه حرارت	۸۸ - ۱۷۶ درجه سانتیگراد

### میله های حامل جریان:

جهت ارسال جریان از منبع تغذیه (رکتی فایر) به تانک آندایزینگ یا تانک الکتروپولیشینگ از تسمه های مسی استفاده می کنند که عمومی ترین روش می باشد اما به دلایل فنی و اقتصادی استفاده از آلومینیوم نیز رواج پیدا کرده است. زیرا علاوه بر گرانی مس نسبت به آلومینیوم مسئله رسوب مس در داخل حمام الکتrolیت (به دلیل جو اسیدی محیط با خوردگی جوی) کاربرد مس را توجیه ناپذیر ساخته و اشکال مواجهه می نماید. اطلاعات مربوط به تسمه های آلومینیوم و میزان جریانی که تسمه های مزبور می توانند از خود انتقال دهند در ادامه این بحث ارائه گردیده است. در صورتی که ضرورت داشته باشد که جریان زیادی منتقل شود (به خصوص در کارخانجات بزرگ که سیستم اتوماتیک عملیات آندایزینگ را به خاطر حجم زیاد کار طراحی کرده

اند) می بایست از ناودانی آلومینیومی یک کاناله و یا دوکاناله استفاده نمود که نصب و کاربرد آن نیز ساده و راحت است.

بطور مثال اگر با استفاده از دو تسمه تخت آلومینیومی به ابعاد ۰/۵ \* ۸ اینچ یا چهار تسمه ۰/۵ \* ۴ اینچی بتوان جریانی معادل ۵۴۵۰ یا ۵۱۰۰ آمپر را منتقل نمود این امکان وجود دارد که با استفاده از دو ناودانی به ابعاد ۰/۳۱۷ \* ۵ اینچ که به فاصله ۵ اینچ از یکدیگر قرار گرفته اند ۵۵۴۰ آمپر را منتقل نمود.

در صورتی که به خاطر بعد مسافت و یا طولانی بودن خط تولید نیاز به اتصال دو تسمه یا ناودانی به یکدیگر باشد می توان آنها را با پیچ و مهره به هم وصل نمود. اما می بایست دقت نمود که سطح تماس بین آنها باید کاملاً "پاک و تمیز و عاری از هر نوع اکسید، گریس و روغن باشد، زیرا وجود هر نوع آلودگی و یا عوامل فیزیکی که مانع تماس کامل سطح تسمه ها و ناودانی ها به همدیگر شود باعث افت در جریان قابل انتقال می گردد.

اگر به دلایلی به جای استفاده از تسمه ها یا ناودانی های آلومینیومی الزام بر کاربری تسمه یا ناودانی مسی باشد می توان بر روی تسمه ها رنگ ضداسید پاشید و مانع خوردگی آن گردید.

## آندایزینگ با استفاده از الکترولیت اسید سولفوریک:

از اسید سولفوریک با غلظت های مختلف از ۱۰ gr/lit تا ۷۰۰ gr / lit در صنایع و مراکز تحقیقاتی جهت عملیات آندایزینگ استفاده می کنند. اما بیشترین غلظتی که بطور معمول به کار می رود ۱۵۰ تا ۲۵۰ گرم در لیتر می باشد. با تغییر غلظت ، میزان هدایت الکترویکی نیز تغییر می یابد که منحنی شکل زیر بیانگر این ارتباط می باشد.

بیشترین قابلیت هدایت الکتریکی در غلظت ۳۵۰ گرم در لیتر یا ۳۵٪ وزنی اسید سولفوریک بدست می آید. در چنین حالتی ولتاژ مورد نیاز جهت ایجاد دانسیته جریان ۱/۲ آمپر بر دسیمتر مربع کمترین مقدار خود را خواهد داشت و انرژی مصرف شده الکتریکی نیز به همان نسبت در پایین ترین حد خود خواهد بود.

ارتباط بین دمای محلول الکترولیت ، غلظت اسید و ولتاژ مورد نیاز جهت اعمال دانسیته جریان ۱/۲ آمپر بر دسیمتر مربع در نمودار نشان داده شده است. (آلومینیوم مورد آزمایش به صورت ورق بوده و درجه خلوص آن نیز ۹۹/۹۹ درصد می باشد).

تجربه و آزمایش بیانگر این نکته است که متناسب با افزایش غلظت محلول الکترولیت به نسبتی که زمان عملیات آندایزینگ افزایش می یابد ضخامت و وزن لایه اکسیدی حاصل کاهش می یابد بطوری که اگر قطعه ای آلومینیومی در محلول اسید سولفوریک با غلظت ۳۰٪ وزنی (۳۳۰ گرم در

لیتر) در طول مدت یک ساعت آندایز شود وزن لایه اکسیدی آن معادل نصف حالتی است که غلظت الکترولیت معادل ۱۵٪ وزنی (و یا ۱۶۵ گرم در لیتر) بوده و در همان مدت زمان آندایز شده باشد.

لازم به یادآوری است که درجه حرارت در هر دو حالت یکسان در نظر گرفته شده است تا این تاثیر بهتر نشان داده شود.

سرعت تشکیل لایه اکسیدی در الکترولیت اسیدسولفوریک به نوع آلیاژ آلومینیوم، غلظت و جریان اعمال شده بستگی دارد. بطور متوسط با استفاده از اسید سولفوریک به غلظت ۱۰ یا ۱۵ درصد وزنی و جریان ۱/۵ آمپر بر دسیمتر مربع، در طول هر ۲/۴ دقیقه یک میکرون به ضخامت لایه اکسیدی افزوده می شود. اگر غلظت محلول الکترولیت به ۱۰ درصد و جریان نیز به یک آمپر بر دسیمتر مربع کاهش یابد لایه اکسیدی ایجاد شده سخت تر و مقاومت تر می شود و به ازای هر ۳/۶ دقیقه معادل یک میکرون به ضخامت آن افزوده می گردد. در آندایزینگ سخت سرعت تشکیل لایه اکسیدی بیشتر بر اساس تجربه تعیین می شود.

از طرف دیگر افزایش غلظت الکترولیت باعث کاهش مقاومت سایشی لایه اکسیدی می گردد. بطوری که تغییر غلظت از ۸/۵٪ وزنی به ۳۲٪ وزنی، معادل ۳۰٪ کاهش در مقاومت سایشی را به دنبال خواهد داشت. اگر غلظت محلول الکترولیت ثابت و درجه حرارت کاهش یابد مقاومت سایشی افزایش پیدا خواهد کرد. همانگونه که در شکل نشان داده شده است میزان سختی و

مقاومت سایشی در ضخامت های مختلف ، در حرارت صفر درجه سانتیگراد نسبت ه درجات بالاتر بیشترین مقدار خود را دارد. به عبارت دیگر هر چه درجه حرارت افزایش یابد میزان سختی و مقاومت سایشی کاهش می یابد.

### **تاثیر ناخالصی های موجود در محلول اکترولیت بر کیفیت آندایزینگ :**

اسید سولفوریک تجارتي با هر درجه خلوصی که خریداری شود معمولاً دارای ناخالصی هایی است که میزان آن به تجهیزات و پروسه تولید اسید، ظروف و تانکهای ذخیره، روش حمل و نقل ، شیوه نگهداری و انبار نمودن آن بستگی دارد. ناخالصی هایی که معمولاً در اسیدسولفوریک وجود دارند عبارتند از عناصر آهن ، مس ، سرب و برخی فلزات دیگر.

الف - آهن یکی از عمومی ترین ناخالصیها می باشد واگر میزان آن در داخل اسید سولفوریک از حدود ۲۰۰ PPM بیشتر شود بر پوشش اکسیدی حاصل از عملیات آندایزینگ اثر گذاشته و کیفیت آن را تقلیل می دهد .

بهترین وضعیت آن است که اندازه آهن در محلول اکترولیت از ۵۰ PPM تجاوز ننماید. باتوجه به اینکه در طول کار نیز ذرات آهن بطور ناخواسته به محلول فوق افزوده می شوند میزان آهن در داخل اسید خریداری شده اولیه نباید ۲۵PPM تجاوز نماید.

ب - تجربه نشان داده است که وجود درصد کمی آلومینیوم در داخل الکترولیت میتواند سودمند باشد . بطور مثال پس از آندایز کردن یک قطعه کار در داخل محلول الکترولیتی که دارای  $5 \text{ gr/lit}$  آلومینیوم بوده مشخص گردید که براقت قطعه فوق به مراتب بیشتر از حالتی است که جهت آندایز کردن آن از الکترولیت فاقد آلومینیوم استفاده شود. در مقابل این امتیاز آلومینیوم حل شده در داخل محلول الکترولیت از سویی باعث کاهش ضریب هدایت الکتریکی محلول میشود و ولتاژ مورد نیاز جهت ایجاد جریان مناسب را افزایش می دهد و از سوی دیگر باعث کاهش مقاومت سایشی لایه اکسیدی می گردد.

به این دلیل می بایست حالت بهینه ای جهت تعیین مقدار آلومینیوم در داخل حمام یافت و آن را همواره ثابت نگهداشت .یکی از راههای ثابت نگهداشتن درصد آلومینیوم محلول در حمام تعویض روزانه مقداری از الکترولیت قدیمی با الکترولیت تازه و جدید می باشد . و باید دقت کرد که این مقدار از ۱۰ گرم در لیتر تجاوز ننماید.

براساس استاندارد DEF 151 ارتباط بین غلظت الکترولیت و بیشترین مقدار آلومینیوم مجاز در داخل محلول در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد در شکل ۱۷ نشان داده شده است .

ج - ناخالصیهای دیگر مانند مس ، روی و سایر فلزات میتوانند در طول عملیات آندایزینگ به داخل حمام راه یابند به خصوص زمانی که از میله های مسی جهت انتقال جریان استفاده میشود . وجود ذرات و ناخالصیهای مس و

روی در داخل حمام الکترولیت باعث کاهش کیفیت پوشش اکسیدی شده و علاوه بر صدمه رساندن به مقاومت قطعه در مقابل خوردگی از براقیت سطح آندایز شده نیز می‌کاهند. بنابراین غلظت عناصر فوق در محلول الکترولیت نباید از ۱۰ PPM تجاوز نماید.

د - استفاده از آب کلردار جهت ساخت حمام آندایزینگ یکی دیگر از مواردی است که باعث کیفیت کار می‌گردد زیرا آنیونهای کلر نیز از جمله ناخالصیهای مضر محسوب می‌گردد.

### **درجه حرارت محلول الکترولیت**

هرگونه افزایش حرارت محلول الکترولیت اسید سولفوریک باعث ایجاد تغییر در کیفیت لایه اکسیدی حاصل و سایر عوامل موثر در پروسه آندایزینگ می‌گردد. این تاثیرات عبارتند از :

۱ - کاهش مقدار ولتاژ مورد نیاز جهت بدست آوردن دانسیته معینی از جریان

۲ - کاهش مقاومت سایشی سطح قطعات آندایز شده .

۳ - افزایش شفافیت و براقیت سطح خارجی قطعات آندایز شده .

۴ - کاهش میزان ضخامت و وزن پوشش آندی

ماکزیمم درجه حرارت مجاز محلول الکترولیت باغلظتهای متفاوت در

شکل ۱۹ بیان شده است . بااستفاده از منحنی فوق میتوان نسبت به تعیین

میزان مناسب دما و غلظت الکترولیت اسید سولفوریک اقدام نموده و عملیات آندایزینگ را انجام داد .

### **دانشیه جریان و ولتاژ در پروسه آندایزینگ با الکترولیت اسید سولفوریک :**

افزایش ولتاژ تدر پروسه آندایزینگ باعث کاهش تعداد سوراخها و خلل و فرج سطح اکسیدی شده و بر سختی آن خواهد افزود. هرچند که این امر باعث افزایش درجه حرارت و بالطبع ضرورت استفاده از سیستم خنک کاری می گردد. نمودار شکل ۱۸ نشان می دهد که باافزایش ولتاژ و کاهش حرارت میزان شفافیت و براقیت سطح آندایز شده تنزل می یابد . باتوجه به موارد فوق میتوان نتیجه گیری کرد که شفافیت بالا و مقاومت سایشی متوسط با بکارگیری ولتاژ پایین بدست می آید. اگر غلظت محلول الکترولیت ۱۶۵ گرم در لیتر بوده و حرارت از ۲۱ درجه سانتیگراد به ۳۰ درجه سانتیگراد برسد مقاومت سایشی بین ۱۲ تا ۲۰ درصد کاهش می یابد. دراین صورت ( با توجه به افزایش درجه حرارت ) ولتاژ اعمال شده کاهش خواهد یافت و از ۱۵ ولت به ۱۱ ولت با دانسیته جریان ۱,۲ آمپر بر دسیمتر مربع خواهد رسید.

در یک آزمایش عملی مشخص شده است قطعات آلومینیومی آندایز شده در الکترولیت اسید سولفوریک با غلظت ۱۳۰ گرم در لیتر حرارت ۲۵ درجه سانتیگراد و دانسیته جریان ۱,۲ آمپر بر دسیمتر مربع در مقایسه با



قطعات آلومینیومی اندایز شده در همان الکترولیت با غلظت ۱۶۵ گرم در لیتر در حرارت ۲۰ درجه سانتیگراد مقاومت سایشی مطلوبتری را دارا می باشند. تاثیر شرایط مختلف عملیات آندایزینگ بر بازتاب کامل و آینه ای نور در آلومینیومی که به صورت شیمیایی براق کاری شده در نمودارهای شکل ۲۰ نشان داده شده است .

محلول الکترولیت مورد استفاده در آزمایش نمودار الف اسید سولفوریک با غلظت ۱۷٪ وزنی و نمودار ب معرف همان الکترولیت با غلظت ۸٫۸٪ وزنی است . همچنین دانسیته جریان اعمال شده در آزمایش الف معادل یک آمپر بر دسیمتر مربع و در حالت ب معادل ۱٫۶ آمپر بر دسیمتر مربع می باشد. ولتاژ مورد نیاز برای آندایزینگ آلیاژهای مختلف آلومینیوم با دانسیته جریان ۱٫۲ آمپر بر دسیمتر مربع در الکترولیت اسید سولفوریک به شرح جدول شماره ۱۰ می باشد.

## آندایزینگ با الکترولیت اسید کرومیک :

الکترولیت اسید کرومیک در آندایزینگ آلومینیوم در موارد زیر مورد استفاده قرار میگیرد.

الف - در حالتی که کمترین تغییر در ابعاد قطعه در طی آندایزینگ مورد نظر باشد.

ب - به عنوان زمینه و آستری در رنگ آمیزی قطعات به خصوص در صنایع نظامی.

ج - حفظ استحکام مکانیکی نقاط پرچ شده و یا جوشکاری شده قطعات آلومینیومی .

د- جهت نشان دادن ترکها خوردگیها درزهای مویی و سوراخهای موجود در سطح قطعات آلومینیومی به خصوص در صنایع هواپیمایی و نظامی .

ه- برای قطعات تزئینی و دکوراسیون با توجه به رنگ اکسید حاصل از آندایزینگ در الکترولیت اسید کرومیک (هرچند که اکسید حاصل در مقایسه با آندایزینگ در الکترولیت اسید سولفوریک نرمتر می باشد )

دو روش مشهور در آندایزینگ نمودن قطعات آلومینیومی با استفاده از

این الکترولیت به شرح زیر می باشد :

در روش فوق بر اساس استانداردهای نظامی D E F شماره ۱۵۱ از اسید کرومیک به غلظت ۳ تا ۱۰٪ در حرارت  $2^{\circ}\text{C} + 40^{\circ}\text{C}$  درجه سانتیگراد استفاده می کنند. پس از اتصال قطعه کار به میله آند، ولتاژ را در طی مدت زمان ۱۰ دقیقه به تدریج به ۴۰ ولت می رسانند و آن را به مدت ۲۰ دقیقه ثابت که نگه می دارند. پس از آن ولتاژ را با سرعت یکنواخت طی مدت ۵ دقیقه به ۵۰ ولت می رسانند و به مدت ۵ دقیقه آن را در این وضعیت تثبیت می کنند. بعد از طی این مراحل قطعه کار را از داخل محلول آندایزینگ در آورده و جهت عملیات بعدی آماده می نمایند. کل زمان عملیات در هر دوره برابر ۴۰ دقیقه می باشد.

به منظور آندایز کردن قطعات ریختگی آلیاژ آلومینیوم - مس با حرارتی حدود ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتیگراد مختصر تغییر جزیی در سیکل ولتاژ ضروری می باشد. بدین ترتیب که ابتدا مساحت قطعه مورد نظر جهت آندایزینگ محاسبه می شود و سپس به ازای هر دسیمتر مربع از سطح قطعه مورد نیاز جریانی حدود ۰/۵ تا ۰/۷ آمپر اعمال می شود.

## روش ثبوت ولتاژ :

در این روش غلظت اسید کرومیک بین ۵ تا ۱۰ درصد بوده و ولتاژ اعمال شده نیز ۴۰ ولت می باشد که در سرتاسر پروسه عملیات ثابت است. ولتاژ مورد نیاز این پروسه را می توان با توجه به  $P H$  محلول الکترولیت نیز تعیین کرد بدین صورت که اگر  $P H$  محلول بین ۰/۱۵ تا ۰/۶ باشد ولتاژی حدود ۳۰ ولت مناسب می باشد و در صورتی که  $P H$  بین ۰/۶ تا ۰/۸ باشد به ولتاژی معادل ۴۰ ولت نیازمندیم. مدت عملیات نیز حدود ۳۰ دقیقه می باشد.

همچنین دانسیته جریان در این روش به نوع آلیاژ آلومینیوم بستگی دارد. بطور مربع و آلیاژ آلومینیوم دارای درصد سیلیس بالا به ۲ آمپر بر دسیمتر مربع جریان نیاز دارد. در صورت استفاده از الکترولیت به غلظت ۱۰۰ گرم در لیتر دانسیته جریان معمولاً "۱/۲ آمپر بر دسیمتر مربع انتخاب می شود.

## نکات قابل توجه در آندایزینگ با استفاده از الکترولیت اسید کرومیک:

### الف - جنس کاتد:

در آندایزینگ با استفاده از محلول الکترولیت اسید کرومیک بهتر است که جنس کاتد از استیل ضد زنگ (Stainless Steel) انتخاب گردد. خود تانک نیز به همین منظور می تواند مورد استفاده قرار گیرد اما باید در هنگام جای گذاری و در آوردن قطعات دقت لازم بعمل آید تا احیانا "اتصالی ما بین قطعه کار و بدنه تانک صورت نگیرد. سطح مقطع کاتدهای انتخاب شده می بایست حدود ۰/۱ تا ۰/۲ سطح مقطع قطعاتی باشد که در هر مرحله می بایست آندایز شوند.

ب - تثبیت نسبت اسید کرومیک در محلول:

در طول پروسه آندایزینگ ، میزان اسید کرومیک به دلایل مختلف کاهش می یابد که از جمله می توان از تغییر و تبدیل کروم شش ظرفیتی به کروم سه ظرفیتی نام برد و یا آنکه آلومینیوم نامحلول داخل حمام با کروم سه یا شش ظرفیتی ترکیب شده و دی کرومات آلومینیوم و یا ترکیب پیچیده دی کرومات کرومیوم را نتیجه می دهد به دلیل آنکه فعل و انفعال فوق باعث کاهش درصد اسید کرومیک آزاد موجود در حمام می شود باید نسبت به ترمیم حمام و افزودن اسید کرومیک اقدام نمود.

یکی از راههای ساده جهت تعیین اسید کرومیک مورد نیاز استفاده از روش سنجش PH حمام می باشد. ارتباط بین PH الکترولیت و غلظت اسید کرومیک در نمودار ارائه گردیده است.

ج - ناخالصی های محلول الکترولیت:

۱ - نسبت مقدار آلومینیوم نامحلول در الکترولیت می بایست کمتر از ۰/۳ درصد وزنی نسبت به وزن کل مواد داخل تانک باشد.

۲ - میزان نمکهای کلرید نباید از ۰/۲ گرم در لیتر و یا  $200 \text{ p pm}$  بیشتر شود زیرا افزایش آن باعث کاهش کیفیت سطح اکسیدی و تیره و کدر شدن رنگ آن گردد.

۳ - میزان نمکهای سولفات داخل حمام حداکثر باید حدود  $500 \text{ p pm}$  باشد. به منظور ممانعت از ورود نمکهای فوق به داخل محلول الکترولیت علاوه بر کنترل آب مصرفی می بایست سطح قطعات آلومینیومی قبل از پروسه آندایزینگ کاملاً تمیز و از هرگونه آلودگی سطحی پاک شوند.

د - اقدامات ایمنی و حفاظتی:

به دلیل مضر بودن بخارات کرومیک برای انسان باید با استفاده از روشهای مختلف نسبت خروج هوای آلوده از محوطه کارگاه و جایگزینی آن با هوای تازه اقدام کرد. در تانک های کوچک آندایزینگ با استفاده از هواکش های معمولی میتوان مشکل را حل نمود اما در تجهیزات با ابعاد بزرگتر با استفاده از مکنده های نصب شده در لبه های تانک میتوان به این کار اقدام

نمود. در هر حال تجهیزات مورد استفاده باید به گونه ای عمل نماید که به ازای هر مترمربع از سطح حمام آندایزینگ ، یک متر مکعب هوا در طی یک ثانیه تخلیه شود.

ه - سرعت تشکیل لایه اکسیدی:

با اعمال دانسیته جریان معادل  $1/2$  آمپر بر دسیمتر مربع و طی مدت ۲۰ دقیقه ، حدود ۵ میکرون به ضخامت لایه اکسیدی افزوده شود.

و - فرآیند عملیات آندایزینگ با اسید کرومیک:

ترتیب و مراحل کاری پروسه آندایزینگ با الکترولیت اسید کرومیک به شرح زیر و تقریباً "مشابه با سیستمی است که در بخش های قبلی در رابطه با آندایزینگ با محلول اسید سولفوریک ذکر گردید. همانگونه که در بخش تمیزکاری و چربی زدائی توضیح داده شد.

عملیات چربی زدایی در پروسه آندایزینگ آلومینیوم اهمیتی خاص دارد و می بایست بصورت دقیق و اصولی نسبت به اجرای آن اقدام نمود، بدیهی است هرگونه بی توجهی به این امر باعث نامناسب شدن پوشش اکسیدی بر روی آلومینیوم می گردد و انجام کارهای تکمیلی بعد از آن را نیز با کیفیتی نازل مواجه می سازد.

## سیل کاری بر اساس محلول الکترولیت استفاده شده در پروسه آندایزینگ :

علاوه بر موارد ذکر شده دسته بندی های دیگری نیز جهت سیل کاری قطعات آندایز شده با توجه به نوع محلول الکترولیت بکار رفته در آندایزینگ وجود دارند که عبارتند از:

الف - سیل کاری قطعاتی که در محلول الکترولیت اسید کرومیک آندایز شده اند:

اینگونه قطعات معمولاً در همان محلول اسید کرومیک سیل کاری می شوند که شرایط آن به شرح زیر می باشد:

غلظت	۰/۰۱ گرم درلیتر
درجه حرارت	۷۹ + ۱ درجه سانتیگراد
زمان عملیات	۵ دقیقه
PH محلول	۴-۶

زمانی که در ته تانک سیل کاری رسوب ایجاد شد و یا ذرات جامد شناور بر روی سطح محلول مشاهده گردیدند می بایست نسبت به تعویض محلول سیل کاری اقدام نمود.

ب - سیل کاری قطعاتی که در محلول الکترولیت اسید سولفوریک آندایز شده اند:

قطعات آندایز شده در محلول فوق الذکر علاوه بر امکان سیل کاری در آب (که مشروحاً توضیح داده شد) می توانند در محلول زیر نیز سیل کاری شوند:



دی کرومات پتاسیم  
سود سوزآور  
۵ تا ۱۰٪ وزنی  
به حدی که PH محلول را از بین ۵ تا ۶ نگه دارد

درجه حرارت عملیاتی  
زمان اجرای عملیات  
۲ + ۹۸ درجه سانتی گراد  
۱۰ تا ۱۵ دقیقه  
روش ساخت حمام فوق بدین صورت است که ابتدا دی کرومات پتاسیم را با توجه به میزان محاسبه شده در داخل تانک ریخته و سپس با افزودن آب آن را به هم می زنند تا کاملاً حل شود و آن را گرم می نمایند تا به درجه حرارت عملیاتی برسد.

آنگاه جهت تثبیت PH به آن سود سوزآور می افزایند (افزودن سودسوزآور باعث ایجاد رنگ زرد در محلول می شود) جهت کنترل این حمام فقط کافی است که PH آن را به طور دقیق اندازه گیری نمود تا در حد نرمال ۶ - ۵ باقی بماند. در صورتی که مواد داخل وان ته نشین و یا اجسام و ذرات شناور در سطح تانک دیده شدند می بایست نسبت به تعویض محلول مزبور اقدام نمود. پس از پایان عملیات قطعات سیل کاری شده در این روش را می بایست با هوای گرمی که دمای آن کمتر از ۱۰۰ درجه سانتیگراد باشد خشک نمود.

### **سیل کاری قطعات حاصل از پروسه آندایزینگ سخت:**

همانند آندایزینگ معمولی، قطعات حاصل از آندایزینگ سخت را می توان با آب جوش سیل کاری کرد. سیل کاری قطعات مزبور در آب جوش اگر

چه باعث کاهش سختی لایه اکسیدی می گردد ولی خستگی فلز را بهبود خواهد بخشید. علاوه بر آب جوش ترکیبات زیر نیز جهت سیل کاری قطعات حاصل از آندایزینگ سخت مورد استفاده قرار می گیرند.

الف -

دی کرومات سدیم یا پتاسیم ۷۰ - ۱۰۰ گرم در لیتر

کربنات سدیم ۱۸ گرم در لیتر

PH ۶/۳ - ۷/۴

زمان عملیات ۵ تا ۱۰ دقیقه

میتوان به جای کربنات سدیم از سود سوزآور به غلظت ۳ گرم در لیتر نیز استفاده نمود.

ب -

دی کرومات سدیم یا پتاسیم ۴۰ - ۶۰ گرم در لیتر

PH ۵/۶ - ۶

زمان عملیات معادل زمان آندایزینگ

درجه حرارت در هر دو محلول می بایست حدود ۹۶ تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد باشد.

## معایب و اشکالات ممکن در آندایزینگ آلومینیوم

در حین اجرای عملیات آندایزینگ ممکن است مشکلات زیادی بوجود آید که گاهی نسبت به علل ایجاد آنها و نیز به کاربری راه حلهای منطقی جهت برطرف کردن مشکلات فوق از ضروریات اساسی می باشد. در این فصل سعی شده است که برخی از مهمترین اشکالات پروسه آندایزینگ ذکر گردیده و در کنار آن علل ایجاد مشکلات و راه حلهای مناسب نیز ارائه شود.

## معایب و اشکالات ممکن در آندایزینگ آلومینیوم

نوع اشکال	علت	راه حل
۱- وجود سوراخ یا حفره بر سطح قطعه کار	ضعیف بودن اتصال مابین قطعه کار و میله آندی	محکم کردن اتصالات
۲- عدم وجود لایه اکسیدی در گوشه ها و لبه های قطعه کار	بخاطر شکل خاص فیزیکی و یا نوع طراحی ممکن است در گوشه ها و یا کنج قطعه کار هوای زندانی شده ایجاد شود و جهت فرار راهی به خارج نداشته باشد.	تغییر روش آویزان کردن قطعه کار و یا تکان دادن آن به صورتی که هوای مبحوس شده بتواند خارج شود.
۳- وجود لکه ها یا رگه های نا هماهنگ بر سطح قطعه کار پس از انجام عملیات آندایزینگ	۱- قطعه کار در مراحل آماده سازی به خوبی شستشو نشده و بر روی آن لکه های چربی یا گریس باقی	۱- تمامی قطعات را تمیز و به صورت اصولی و صحیح گریس زدائی نمایید.

<p>۲- حتی الامکان جهت ساخت قطعات مربوطه از آلیاژهای یکنواخت استفاده نموده و در شرایط یکسان آنها را تولید و پروسه عملیات حرارتی را روی آن اعمال نمائید .</p> <p>۳- عملیات آماده سازی قطعات برای آندایزینگ می بایست بطور یکنواخت جهت متمم سطوح کار انجام پذیرد .</p>	<p>مانده است .</p> <p>۲- تغییر یافتن آلیاژ جنس فلز در قطعات مشابه</p> <p>۳- تغییر یافتن شرایط آماده سازی مکانیکی قطعه کار ( کم یا زیاد شدن سرعت و فشار وارد بر قطعه کار در حالت پولیش کاری )</p>	
<p>۱- ترمیم غلظت محلول الکترولیت</p> <p>۲- کنترل درجه حرارت محلول و خنک کاری آن با استفاده از جریان هوا و تلاطم</p> <p>۳- اجرای کار مطابق زمان توصیه شده .</p>	<p>۱- نامناسب بودن غلظت محلول الکترولیت</p> <p>۲- نامناسب بودن درجه حرارت محلول الکترولیت</p> <p>۳- مدت زمان نامناسب جهت انجام عملیات</p>	<p>۴- مقاومت کم لایه اکسیدی در مقابل سایش و خوردگی</p>
<p>۱- ایجاد تلاطم در محلول با استفاده از هوای فشرده</p> <p>۲- اعمال جریان مناسب و کافی و ممانعت از تغییر جریان</p>	<p>۱- عدم یکنواختی در حرارت داخل محلول و اعمال بیشترین درجه حرارت به لبه ها و گوشه های قطعه کار</p> <p>۲- عدم جریان الکتریسیته به میزان نیاز</p>	<p>۵- تیره بودن لبه های قطعه کار</p>

	به دلیل بهم خوردن محلول	
<p>۱- قطعات آلومینیومی به خصوص موارد تولید شده به شیوه اکستروژن می بایست در محلی خشک و تمیز انبار شوند .</p> <p>۲- عملیات آندایزینگ به شیوه درست و اصولی انجام شود و از دوباره کاری خود داری گردد در مواردی که برخی قطعات نیاز به آندایز مجدد دارند می بایست نسبت به پاک کردن لایه اکسیدی اولیه از روی آن اقدام شود و سپس آن را مجددا آندایز نمود .</p> <p>۳- از آلیاژ یکنواخت استفاده نمائید در صورتی که این کار امکان پذیر نباشد نسبت به تعویض محلول الکترولیت و انتخاب الکترولیت مناسب دیگر ( اکسید کرومیک ، سولفوریک و ... ) اقدام نمائید.</p> <p>۴- میزان کلر موجود در محلول الکترولیت که عمدتاً به صورت کلرور سدیم می باشد می بایست از ۰/۲</p>	<p>۱- وجود خوردگی بر روی آلومینیوم قبل از انجام عملیات آندایزینگ مانند خوردگی های ناشی از انبار در محیط نا مناسب</p> <p>۲- بر روی قطعات کار دو باره عملیات آندایزینگ صورت گرفته است .</p> <p>۳- آلیاژ آلومینیوم جهت انجام عملیات آندایزینگ مناسب نیست</p> <p>۴- میزان کلر در محلول الکترولیت آندایزینگ بیشتر از حد مجاز می باشد .</p> <p>۵- دانسیته جریان نا مناسب است</p>	<p>۶- وجود سطح متخلخل با اسفنجی بر روی قطعات آندایز شده</p>

<p>گرم در لیتر (200PPM) تجاوز نکند . در صورتی که چنین وضعی وجود داشته باشد محلول الکترولیت را با استفاده از آب خالص و مواد اولیه تعویض نمایید .</p> <p>۵- دانسیته جریان را مطابق دستور العمل پروسه عملیاتی اعمال نمایید .</p>		
<p>محلول را تا درجه حرارت مورد نظر و مناسب خنک نمایید . ( با استفاده از جریان هوا ، مبدل های حرارتی نوسانی قطعه کار )</p>	<p>بالا بودن درجه حرارت محلول الکترولیت</p>	<p>۷- افزایش دانسیته جریان</p>
<p>۱- کاهش درجه حرارت محلول با استفاده از مبدل های حرارتی و یا تعویض محلول الکترولیت و جایگزینی آن با محلول جدید</p> <p>۲- پائین آوردن دانسیته جریان</p> <p>۳- ایجاد نوسان روی قطعه کار و یا تلاطم در محلول الکترولیت با استفاده از هوای فشرده</p> <p>۴- کنترل میزان آلومینیوم داخل محلول الکترولیت و انجام اقدام</p>	<p>۱- بالا بودن درجه حرارت محلول</p> <p>۲- بالا بودن دانسیته جریان در محلول الکترولیت</p> <p>۳- نا مناسب بودن تعداد نوسان قطعه کار در واحد زمان و یا ضعیف بودن تلاطم در محلول</p> <p>۴- غلظت نا مناسب آلومینیوم در محلول الکترولیت</p>	<p>۸- وجود شوره سفید رنگ بر سطح قطعات آندایز شده با الکترولیت اسید سولفوریک</p>

لازم جهت نگهداری آن در حد مجاز		
محلول الکترولیتی جدید می بایست ساخته شود .	محلول الکترولیت توسط کروم سه ظرفیتی اشباع شده است .	۹- لایه اکسیدی حاصل از آندایزینگ با محلول الکترولیت اسید کرومیک دارای رنگ زرد متمایل به تیره می باشد .
در جه حرارت الکترولیت را تا ۲۷ درجه سانتی گراد پایین آورید و در صورت امکان نسبت به آندایز کردن قطعه کار با محلول الکترولیت اسید سولفوریک اقدام نمایید . آلیاژهایی از آلومینیوم کا دارای بیش از ۵٪ مس باشند جهت آندایز کردن در این الکترولیت مناسب نیستند .	آلیاژ قطعه کار احتمالا دارای بیش از ۵٪ مس بوده و جهت آندایزینگ با این الکترولیت مناسب نیست و وقتی که ولتاژ بالاتر از حد مجاز گردد باعث شکستن لایه اکسیدی می گردد .	۱۰- در پروسه آندایزینگ توسط محلول الکترولیت اسید کرومیک ۰/۰۵ و در حرارت مشخص گاهی با افزایش ولتاژ شدت جریان نیز به صورت مداوم و پی در پی افزایش می یابد .
۱- محکم کردن اتصال بین سطح کاتد و میله حامل جریان ۲- انتخاب سطح کاتد معادل و یا بیشتر از سطح قطعه کار ۳- اعمال جریان و ولتاژ مناسب	۱- ناقص بودن کنتاکت الکتریکی بین کاتد و میله حامل جریان ۲- کافی نبودن سطح کاتد نسبت به سطح قطعه کار و تمیز نبودن آن ۳- نا مناسب بودن دانسیته جریان	۱۱- ضخامت لایه اکسیدی نا همگون و غیر یکنواخت است
۱- پروسه آندایزینگ را جهت تطابق با شرایط استاندارد کنترل نمایید .	۱- نازک بودن قشر اکسید و یا عدم ایجاد لایه اکسیدی در سطح قطعه	۱۲- قابلیت ضعف رنگ پذیری لایه اکسیدی

<p>۲- دار صورتیکه هدف از آندایزینگ رنگ آمیزی باشد نمی بایست قطعه کار آندایزینگ شده را جهت سیل کاری در آب جوش قوطه ور نمود بلکه می بایست آنها را در آب سرد شستشو داد و سپس به سرعت و بدون تاخیر آن را رنگ آمیزی نمود.</p> <p>۳- عملیات رنگ آمیزی می بایست در درجه حرارت ۸۰-۶۰ درجه سانتیگراد صورت پذیرد برخی از رنگها با غلظت بالا جهت رنگ آمیزی مناسبند و یا به زمان بیشتری جهت تاثیر نیاز دارند .</p> <p>۴- شرایط عملیات آندایزینگ را از نقطه نظر درجه حرارت و غلظت محلول الکترولیت بررسی نمائید .</p>	<p>کار</p> <p>۲- نفوذ نا پذیر شدن لایه اکسیدی در مرحله سیل کاری</p> <p>۳- محلول رنگ خیلی سرد و یا رقیق می باشد و یا آنکه زمان رنگ آمیزی خیلی کوتاه است .</p> <p>۴- لایه اکسیدی دارای حفره های کافی و مناسب نیست و یا در حین انجام عملیات آندایزینگ سخت بر روی سطح کار حفره های کافی ایجاد نشده است که احتمالاً ناشی از نا مناسب بودن غلظت و درجه حرارت محلول الکترولیت بوده است .</p>	
<p>۵- بدست آوردن ضخامت و سطح ظاهری یکنواخت رنگ بر روی قطعات الومینیومی که دارای الیاژهای یکسان و روش تولید</p>	<p>۱- تفاوت و گوناگونی در ساختمان فیزیکی و یا ترکیب شیمیایی آلیاژ آلومینیوم</p> <p>۲- تفاوت در کیفیت لایه اکسیدی که</p>	<p>۱۳- عدم یکنواختی در سطح قطعه آندایز شده پس از رنگ آمیزی و وجود لکه های تیره رنگ بر روی آن</p>



<p>جداگانه ای می باشند تقریباً میسر نیست زیرا هر کدام از آنها روش شرایط مخصوص به خود را دارند که می بایست اعمال شود .</p> <p>۶- نسبت به محکم کردن اتصال الکتریکی هر کدام از قطعات به میله آندی اطمینان حاصل نمایید .</p> <p>۷- زمان رنگ آمیزی را افزایش دهید</p> <p>۸- مواد رنگی را از نظر انحلال کامل کنترل کنید و در صورت نیاز از فیلتر استفاده شود .</p>	<p>از اتصال ضعیف و یا ناقص قطعات به میله آندی حاصل می شود .</p> <p>۳- زمان رنگ آمیزی خیلی کوتاه است .</p> <p>۴- وجود ذرات حل نشده مواد رنگی در داخل حمام رنگ</p>	
<p>۱- جهت داشتن سطحی براق و پرداخت شده می بایست قطعه کار را از آلیاژ آلومینیوم خالص یا آلومینیوم ، منیزیم ساخت .</p> <p>۲- مقداری از محلول الکترولیت را برداشته و محلول جدیدی را جایگزین نمایید تا نسبت آلومینیوم در داخل حمام به حد استاندارد برسد .</p>	<p>۱- وجود ناخالصی در آلیاژ قطعه کار</p> <p>۲- افزایش آلومینیوم در محلول الکترولیت</p>	<p>۱۴ رنگ قطعه کار آندایز شده مات است و شفافیت ندارد</p>

## معایب و اشکالات ممکن در آندایزینگ آلومینیوم

در حین اجرای عملیات آندایزینگ ممکن است مشکلات زیادی بوجود آید که گاهی نسبت به علل ایجاد آنها و نیز به کاربری راه حل‌های منطقی جهت برطرف کردن مشکلات فوق از ضروریات اساسی می باشد. در این فصل سعی شده است که برخی از مهمترین اشکالات پروسه آندایزینگ ذکر گردیده و در کنار آن علل ایجاد مشکلات و راه حل‌های مناسب نیز ارائه شود.

### معایب و اشکالات ممکن در آندایزینگ آلومینیوم

نوع اشکال	علت	راه حل
۱- وجود سوراخ یا حفره بر سطح قطعه کار	ضعیف بودن اتصال مابین قطعه کار و میله آندی	محکم کردن اتصالات
۲- عدم وجود لایه اکسیدی در گوشه ها و لبه های قطعه کار	بخاطر شکل خاص فیزیکی و یا نوع طراحی ممکن است در گوشه ها و یا کنج قطعه کار هوای زندانی شده ایجاد شود و جهت فرار راهی به خارج نداشته باشد.	تغییر روش آویزان کردن قطعه کار و یا تکان دادن آن به صورتی که هوای مبحوس شده بتواند خارج شود.
۳- وجود لکه ها یا رگه های نا هماهنگ بر سطح قطعه کار پس از انجام عملیات آندایزینگ	۴- قطعه کار در مراحل آماده سازی به خوبی شستشو نشده و بر روی آن لکه های چربی یا گریس باقی مانده است.	۴- تمامی قطعات را تمیز و به صورت اصولی و صحیح گریس زدائی نمائید.
	۵- تغییر یافتن آلیاژ جنس فلز در قطعات مشابه	۵- حتی الامکان جهت ساخت قطعات مربوطه از آلیاژهای یکنواخت استفاده نموده و در شرایط یکسان آنها را تولید و
	۶- تغییر یافتن شرایط آماده سازی	

<p>پروسه عملیات حرارتی را روی آن اعمال نمائید .</p> <p>۶- عملیات آماده سازی قطعات برای آندایزینگ می بایست بطور یکنواخت جهت تتمم سطوح کار انجام پذیرد .</p>	<p>مکانیکی قطعه کار ( کم یا زیاد شدن سرعت و فشار وارد بر قطعه کار در حالت پولیش کاری )</p>	
<p>۴- ترمیم غلظت محلول الکترولیت</p> <p>۵- کنترل درجه حرارت محلول و خنک کاری آن با استفاده از جریان هوا و تلاطم</p> <p>۶- اجرای کار مطابق زمان توصیه شده .</p>	<p>۴- نا مناسب بودن غلظت محلول الکترولیت</p> <p>۵- نا مناسب بودن درجه حرارت محلول الکترولیت</p> <p>۶- مدت زمان نا مناسب جهت انجام عملیات</p>	<p>۴- مقاومت کم لایه اکسیدی در مقابل سایش و خوردگی</p>
<p>۳- ایجاد تلاطم در محلول با استفاده از هوای فشرده</p> <p>۴- اعمال جریان مناسب و کافی و ممانعت از تغییر جریان</p>	<p>۳- عدم یکنواختی در حرارت داخل محلول و اعمال بیشترین درجه حرارت به لبه ها و گوشه های قطعه کار</p> <p>۴- عدم جریان الکتریسیته به میزان نیاز به دلیل بهم خوردن محلول</p>	<p>۵- تیره بودن لبه های قطعه کار</p>
<p>۲- قطعات آلومینیومی به خصوص موارد تولید شده به شیوه اکستروژن می بایست در محلی</p>	<p>۲- وجود خوردگی بر روی آلومینیوم قبل از انجام عملیات اندایزینگ مانند خوردگی های ناشی از انبار</p>	<p>۶- وجود سطح متخلخل با اسفنجی بر روی قطعات آندایز شده</p>

<p>خشک و تمیز انبار شوند .</p> <p>۲- عملیات آندایزینگ به شیوه درست و اصولی انجام شود و از دوباره کاری خود داری گردد در مواردی که برخی قطعات نیاز به آندایز مجدد دارند می بایست نسبت به پاک کردن لایه اکسیدی اولیه از روی آن اقدام شود و سپس آن را مجدداً آندایز نمود .</p> <p>۳- از آلیاژ یکنواخت استفاده نمائید در صورتی که این کار امکان پذیر نباشد نسبت به تعویض محلول الکترولیت و انتخاب الکترولیت مناسب دیگر ( اکسید کرومیک ، سولفوریک و ... ) اقدام نمایند.</p> <p>۴- میزان کلر موجود در محلول الکترولیت که عمدتاً به صورت کلرور سدیم می باشد می بایست از ۰/۲ گرم در لیتر ( 200PPM ) تجاوز نکند . در صورتی که چنین وضعی وجود داشته باشد محلول الکترولیت را با استفاده از آب خالص و مواد اولیه</p>	<p>در محیط نا مناسب</p> <p>۲- بر روی قطعات کار دو باره عملیات آندایزینگ صورت گرفته است .</p> <p>۳- آلیاژ آلومینیوم جهت انجام عملیات آندایزینگ مناسب نیست</p> <p>۴- میزان کلر در محلول الکترولیت آندایزینگ بیشتر از حد مجاز می باشد .</p> <p>۵- دانسیته جریان نا مناسب است</p>	
---	---	--

تعویض نمائید .		
۵- دانسیته جریان را مطابق دستور العمل پروسه عملیاتی اعمال نمایید .		
۷- افزایش دانسیته جریان	بالا بودن درجه حرارت محلول الکترولیت	محلول را تا درجه حرارت مورد نظر و مناسب خنک نمایید . ( با استفاده از جریان هوا ، مبدل‌های حرارتی نوسانی قطعه کار )
۸- وجود شوره سفید رنگ بر سطح قطعات آندایز شده با الکترولیت اسید سولفوریک	۵- بالا بودن درجه حرارت محلول ۶- بالا بودن دانسیته جریان در محلول الکترولیت ۷- نا مناسب بودن تعداد نوسان قطعه کار در واحد زمان و یا ضعیف بودن تلاطم در محلول ۸- غلظت نا مناسب آلومینیوم در محلول الکترولیت	۵- کاهش درجه حرارت محلول با استفاده از مبدل‌های حرارتی و یا تعویض محلول الکترولیت و جایگزینی آن با محلول جدید ۶- پائین آوردن دانسیته جریان ۷- ایجاد نوسان روی قطعه کار و یا تلاطم در محلول الکترولیت با استفاده از هوای فشرده ۸- کنترل میزان آلومینیوم داخل محلول الکترولیت و انجام اقدام لازم جهت نگهداری آن در حد مجاز
۹- لایه اکسیدی حاصل از آندایزینگ با محلول الکترولیت	محلول الکترولیت توسط کروم سه ظرفیتی اشباع شده است .	محلول الکترولیتی جدید می بایست ساخته شود .

اسید کرومیک دارای رنگ زرد متمتیل به تیره می باشد .		
۱۰- در پروسه آندایزینگ توسط محلول الکترولیت اسید کرومیک ۰/۰۵ و در حرارت مشخص گاهی با افزایش ولتاژ شدت جریان نیز به صورت مداوم و پی در پی افزایش می یابد .	آلیاژ قطعه کار احتمالاً دارای بیش از ۵٪ مس بوده و جهت اندایزینگ با این الکترولیت مناسب نیست و وقتی که ولتاژ بالاتر از حد مجاز گردد باعث شکستن لایه اکسیدی می گردد .	در جه حرارت الکترولیت را تا ۲۷ درجه سانتی گراد پایین آورید و در صورت امکان نسبت به آندایز کردن قطعه کار با محلول الکترولیت اسید سولفوریک اقدام نمایید . آلیاژهایی از آلومینیوم کا دارای بیش از ۵٪ مس باشند جهت اندایز کردن در این الکترولیت مناسب نیستند .
۱۱- ضخامت لایه اکسیدی نا همگون و غیر یکنواخت است	۴- ناقص بودن کنتاکت الکتریکی بین کاتد و میله حامل جریان ۵- کافی نبودن سطح کاتد نسبت به سطح قطعه کار و تمیز نبودن آن ۶- نا مناسب بودن دانسیته جریان	۴- محکم کردن اتصال بین سطح کاتد و میله حامل جریان ۵- انتخاب سطح کاتد معادل و یا بیشتر از سطح قطعه کار ۶- اعمال جریان و ولتاژ مناسب
۱۲- قابلیت ضعف رنگ پذیری لایه اکسیدی	۵- نازک بودن قشر اکسید و یا عدم ایجاد لایه اکسیدی در سطح قطعه کار ۶- نفوذ نا پذیر شدن لایه اکسیدی در مرحله سیل کاری ۷- محلول رنگ خیلی سرد و یا رقیق	۵- پروسه آندایزینگ را جهت تطابق با شرایط استاندارد کنترل نمایید . ۶- دار صورتیکه هدف از آندایزینگ رنگ آمیزی باشد نمی بایست قطعه کار آندایزینگ شده را جهت سیل کاری در آب جوش

<p>قوطه ور نمود بلکه می بایست آنها را در آب سرد شستشو داد و سپس به سرعت و بدون تاخیر آن را رنگ آمیزی نمود.</p> <p>۷- عملیات رنگ آمیزی می بایست در درجه حرارت ۸۰-۶۰ درجه سانتیگراد صورت پذیرد برخی از رنگها با غلظت بالا جهت رنگ آمیزی مناسبند و یا به زمان بیشتری جهت تاثیر نیاز دارند .</p> <p>۸- شرایط عملیات آندایزینگ را از نقطه نظر درجه حرارت و غلظت محلول الکترولیت بررسی نمائید .</p>	<p>می باشد و یا آنکه زمان رنگ آمیزی خیلی کوتاه است .</p> <p>۸- لایه اکسیدی دارای حفره های کافی و مناسب نیست و یا در حین انجام عملیات آندایزینگ سخت بر روی سطح کار حفره های کافی ایجاد نشده است که احتمالا ناشی از نا مناسب بودن غلظت و درجه حرارت محلول الکترولیت بوده است .</p>	
<p>۱۳- بدست آوردن ضخامت و سطح ظاهری یکنواخت رنگ بر روی قطعات آلومینیومی که دارای الیازهای یکسان و روش تولید جداگانه ای می باشند تقریبا میسر نیست زیرا هر کدام از آنها روش شرایط مخصوص به خود را دارند که می بایست اعمال شود .</p>	<p>۹- تفاوت و گوناگونی در ساختمان فیزیکی و یا ترکیب شیمیایی آلیاژ آلومینیوم</p> <p>۱۰- تفاوت در کیفیت لایه اکسیدی که از اتصال ضعیف و یا ناقص قطعات به میله آندی حاصل می شود .</p> <p>۱۱- زمان رنگ آمیزی خیلی کوتاه</p>	<p>۱۳- عدم یکنواختی در سطح قطعه آندایز شده پس از رنگ آمیزی و وجود لکه های تیره رنگ بر روی آن</p>

<p>۱۴- نسبت به محکم کردن اتصال الکتریکی هر کدام از قطعات به میله آندی اطمینان حاصل نمایید .</p> <p>۱۵- زمان رنگ آمیزی را افزایش دهید</p> <p>۱۶- مواد رنگی را از نظر انحلال کامل کنترل کنید و در صورت نیاز از فیلتر استفاده شود .</p>	<p>است .</p> <p>۱۲- وجود ذرات حل نشده مواد رنگی در داخل حمام رنگ</p>	
<p>۳- جهت داشتن سطحی براق و پرداخت شده می بایست قطعه کار را از آلیاژ آلومینیوم خالص یا آلومینیوم ، منیزیم ساخت .</p> <p>۴- مقداری از محلول الکترولیت را برداشته و محلول جدیدی را جایگزین نمایید تا نسبت آلومینیوم در داخل حمام به حد استاندارد برسد .</p>	<p>۳- وجود نا خالصی در آلیاژ قطعه کار</p> <p>۴- افزایش آلومینیوم در محلول الکترولیت</p>	<p>۱۴ رنگ قطعه کار آندایز شده مات است و شفافیت ندارد</p>



**منبع:**

اصول تئوری و عملی آندایزینگ آلومینیوم ، دکتر محمد تقی صالحی  
مهندس حسین بیدختی