

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



بررسی تأثیر آندایزینگ و رنگ آمیزی روی افزایش مقاومت به خوردگی آلومینیوم در محیط HCl

حسین حسینخانی^۱، سعیدرضا حیدری زاده^۲، اطهره دادگری نژاد^۳

چکیده

با قرار گرفتن آلومینیوم خالص در مقابل هوا، بلافاصله یک لایه اکسید آلومینومی چسبنده روی سطح آن تشکیل می شود که مانع از خوردگی آلومینیوم می گردد. آندایزه کردن در واقع یک نوع ضخیم کردن لایه اکسیدی به ضخامت چند هزار برابر ضخامت لایه اکسیدی طبیعی است که علاوه بر مقاومت به خوردگی، در مقابل سایش نیز استحکام کافی دارد. برای بررسی عملیات آندایزینگ و رنگ آمیزی روی مقاومت به خوردگی آلومینیوم، ۳ نمونه به مدت ۱۵ دقیقه و ۳ نمونه به مدت ۳۰ دقیقه در محلول اسید سولفوریک ۱۵٪ با جریان 2 A/dm^2 و ولتاژ ۲۰V آندایز شده و از هر کدام از نمونه های ۱۵ و ۳۰ دقیقه آندایز شده نمونه در آب مقطر جوشان آب بندی و نمونه با محلول های فروسیانورپتاسیم و کلروفریک رنگ آمیزی شدند. روی کلیه نمونه ها عملیات پلاریزاسون درون محلول اسید کلریدریک نرمال انجام و تصویر SEM قبل و بعد از پلاریزاسیون گرفته شد. با آندایزینگ، خوردگی Al از میلی به میکرو کاهش یافته و سیل کردن سبب کاهش میزان خوردگی می شود همچنین رنگ کردن جنبه تزئیناتی داشته و روی خوردگی تأثیر چندانی ندارد، رنگ حاصله نیز سرمایه ای می باشد.

واژه های کلیدی: آلومینیوم، آندایزینگ، رنگ آمیزی، خوردگی، پلاریزاسیون

^۱کارشناسی ارشد مهندسی مواد و متالورژی، شرکت صنعتی و معدنی گل گهر، hossein1004@yahoo.com

^۲کارشناس ارشد مهندسی مواد و متالورژی، مجتمع مس سرچشمه

^۳کارشناس ارشد مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

مقدمه

یکی از مهمترین خواص مورد استفاده در آلومینیوم مقاومت عالی آن در مقابل خوردگی در محیط طبیعی است. آلومینیوم ذاتاً فلز نسبتاً فعالی بوده و به آسانی در هوا اکسیده شده و تشکیل یک لایه شفاف اکسید آلومینیوم را می دهد، بنابراین مقاومت زیاد آن در مقابل خوردگی ناشی از مقاومت خوردگی نیست بلکه بیشتر در اثر لایه اکسید آلومینیوم تشکیل شده بر روی سطح آن است. وقتی که سطح آلومینیوم خالص در معرض هوا قرار میگیرد به سرعت تشکیل یک لایه نازک فشرده اکسیدی می نماید. لایه آسیب دیده خود به سرعت دوباره تشکیل شده و مانع اکسیده شدن بیشتر فلز می گردد. آلومینیوم در مجاورت آب و اکسیژن خورده می شود ولی در درجه حرارت محیط، حمله شیمیایی (خوردگی) با تشکیل لایه های محافظ اکسیدهای متبلور محافظت می گردد. [۱]

آندایزه کردن در واقع یک نوع ضخیم کردن لایه اکسیدی به ضخامت چند هزار برابر ضخامت لایه اکسیدی طبیعی است. نتیجه عمل لایه ای است سخت با ضخامت حدود ۲۵،۵ میکرون بر تمام سطح آلومینیوم که علاوه بر مقاومت به خوردگی در مقابل سایش نیز استحکام کافی دارد. اکسیداسیون آندی یا به اصطلاح آندایزینگ بمنظور حفاظت و نمای بهتر آلومینیوم مورد استفاده قرار می گیرد. در این عمل قشر نامرئی نازک اکسید آلومینیوم از روی آلومینیوم برداشته و بجای آن اکسید مصنوعی قطورتری نشانده می شود. [۲]

اکسیداسیون آندی یا به اصطلاح آندایزینگ بمنظور حفاظت و نمای بهتر آلومینیوم مورد استفاده قرار می گیرد. در این عمل قشر نامرئی نازک اکسید آلومینیوم از روی آلومینیوم برداشته و بجای آن اکسید مصنوعی قطورتری نشانده می شود. [۳]

محصولات نهایی که با این روش تهیه می شوند را می توان در قطعات تزینی اتومبیل؛ ظروف آشپزخانه؛ چهارچوب پنجره ها و دیوارهای نمایی ساختمانهای مدرن و غیره مورد استفاده قرار داد. اغلب این محصولات احتیاج به یک پرداخت یکنواخت که ضمناً به چشم هم خوش آیند باشند دارند. [۳]

آلومینیوم آندایز شده که قشر اکسید آن بدون رنگ می باشد قادر به جذب مواد رنگی آلی و همچنین رنگ دانه های معدنی خواهد بود و بدین علت آلومینیوم و آلیاژهای آن می توانند مصارف جدیدی پیدا کنند. اکسید آلومینیوم با مواد رنگی آلی مثل آلیزارین یک پوشش رنگی با قابلیت حلالیت بسیار کم تشکیل می دهد. این رنگ ها نه تنها از طریق الکترولیتی بلکه از طریق جذب و واکنش های شیمیایی نیز عمل می کنند. از آنجایی که قشر اکسید در اثر مرور زمان خاصیت اولیه خود را از دست می دهد، لذا بایستی حتی الامکان بلا فاصله پس از آندایزینگ در حالت مرطوب رنگ شود. [۳]

یکی از مهمترین مراحل عملیات آبکاری آلومینیوم عمل سیل کردن می باشد. این عمل که در آخرین مرحله آبکاری انجام می شود مقاومت پروفیل آبکاری شده را در مقابل خوردگی جوی بطور قابل ملاحظه ای

افزایش داده و ضمناً باعث می شود لکه های مختلفی که توسط مواد گوناگون در حین کار ایجاد می شود به سهولت از سطح پروفیل پاک گردند. [۳]

قشر اکسید ایجاد شده در آندایزینگ متخلخل می باشد ، در صورتی که پروفیل آندایز شده بدون سیل شدن بکار رود ، عوامل جوی در اندک زمانی از درون تخلخل ها به درون قشر اکسید نفوذ کرده باعث خورده شدن آلومینیوم شده و در نتیجه پروفیل دارای سطحی نا هموار و ناخوشایند خواهد شد . بنابراین لازم است که این تخلخل ها به نحوی بسته شده تا دوام سطح آبکاری شده افزایش یابد. [۳]

مواد و روش تحقیق

۶ نمونه آلومینیومی با ابعاد $1,0 \times 1,0 \text{ cm}$ تهیه و قسمت وسط هر نمونه دور تا دور با چسب دوقلو پوشش داده شد و سطح نمونه ها بدین صورت چربی زدایی و تمیز شد: ابتدا نمونه ها به مدت یک دقیقه درون محلول NaOH قرار داده شدند سپس نمونه ها در آب مقطر شستشو و در نهایت با استون خشک شدند.

مقداری اسید سولفوریک ۱۵٪ را داخل بشر ۲۰۰ میلی لیتری ریخته و بشر را درون یک وان آب سرد قرار می دهیم، سپس کاتد سربی را داخل محلول اسید سولفوریک قرار داده و با کمک سیم آن را به قطب منفی رکتیفایر وصل می کنیم ورقه آلومینیومی را داخل الکترولیت قرار داده و آنرا با سیم رابط به قطب مثبت رکتیفایر وصل می کنیم باید توجه شود که نمونه ها به گونه ای درون الکترولیت قرار داده شوند که سطح تمیزکاری شده داخل اسید سولفوریک قرار گرفته و قسمت چسب زده بیرون از الکترولیت باشد و قسمت بالایی که بدون چسب است با سیم رابط به رکتیفایر وصل شده باشد. سپس رکتیفایر را روشن کرده و ولتاژ را روی ۲۰ ولت قرار داده و دانسیته جریان را روی 2 A/dm^2 قرار می دهیم . سپس نمونه ها به صورت زیر تحت عملیات آندایزینگ قرار می گیرند:

سه نمونه به مدت ۱۵ دقیقه و دو نمونه به مدت ۳۰ دقیقه آندایز می شوند پس از خاموش کردن دستگاه نمونه ها جدا می شوند و با آب مقطر شسته و خشک می شوند. و یک نمونه را بدون عملیات آندایزینگ و بعنوان شاهد در نظر می گیریم . این شش نمونه را جهت عملیات پلاریزاسیون تهیه می کنیم مرحله بعد از آندایزینگ رنگ کردن نمونه ها می باشد .

دو نمونه آندایز شده به مدت زمان های ۱۵ و ۳۰ دقیقه را در محلول 20 gr/Lit فروسیانور پتاسیم (در درجه حرارت محیط) به مدت ۱۰ دقیقه قرار می دهیم. نمونه های فوق را پس از سپری شدن مدت زمان گفته شده ، خارج نموده و با آب مقطر می شوئیم. سپس نمونه ها را به مدت ۱۰ دقیقه در محلول کلرور فریک 30 gr/Lit (در درجه حرارت محیط) قرار می دهیم. نمونه ها را خارج کرده و با آب مقطر می شوئیم اگر نمونه ها خوب

آندایز شده باشند می باید به صورت سورمه ای ظاهر گردند. بعد از عملیات رنگ کردن نوبت به سیل کردن نمونه ها می رسد، دو نمونه رنگ شده و دو نمونه رنگ نشده (آندایز شده در ۱۵ و ۳۰ دقیقه) را به مدت ۱۰ دقیقه در محلول آب مقطر جوشان قرار می دهیم.

برای آزمایش خوردگی و پلاریزاسیون یک نمونه آلومینیوم تمیز شده آندایز نشده، یک نمونه ۱۵ دقیقه آندایز شده وسیل نشده، دو نمونه ۱۵ و ۳۰ دقیقه آندایز شده و سیل شده را بطور جداگانه برای مدت نیم ساعت در محلول اسید کلرید ریک نرمال قرار می دهیم . و همزمان منحنی های پلاریزاسیون آندی و کاتدی توسط دستگاه رسم می شود.

علاوه بر ۶ نمونه گفته شده سه نمونه دیگر نیز به صورت زیر تهیه شده است: نمونه اول به مدت ۱۵ دقیقه آندایز شده و سپس به مدت ۱۰ دقیقه سیل شده است، نمونه دوم به مدت ۱۵ دقیقه آندایز شده سپس به مدت ۱۰ دقیقه رنگ شده و نهایتاً ۱۰ دقیقه در آب مقطر جوشان سیل شده است، نمونه سوم به مدت ۳۰ دقیقه آندایز شده سپس ۱۰ دقیقه رنگ و ۱۰ دقیقه سیل شده است.

از ۶ نمونه اول بعد از عملیات پلاریزاسیون و بعد از سمباده زنی مقطع نمونه ها، تصاویری توسط میکروسکوپ الکترونی پویشگر SEM گرفته شده و از سه نمونه دوم قبل از عمل پلاریزاسیون تصاویر SEM گرفته شده است.

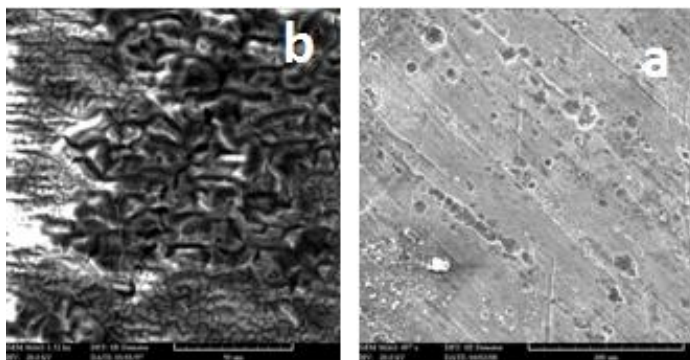
نتایج و بحث

شکل ۱-a مربوط به آلومینیوم مرجع می باشد که دارای سطحی صاف است گودی های ریز روی سطح مربوط به برش دادن نمونه ها می باشند، شکل ۱-b همین سطح را بعد از عملیات پلاریزاسیون نشان می دهد که درای حفره های ریز و میکروترک های زیادی ناشی از خورده شدن فلز در محلول HCl می باشند.

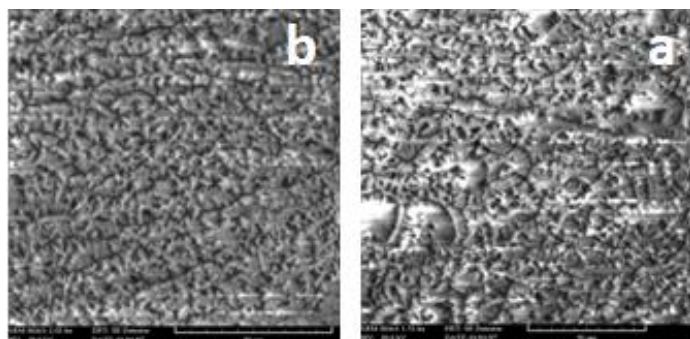
شکل ۲-a میکروساختار آلومینیوم ۱۵ دقیقه آندایز شده و سیل شده را قبل از عملیات پلاریزاسیون نشان می دهد که تشکیل لایه پوشان و محافظ La_2O_3 بر روی سطح به خوبی قابل مشاهده است، همین میکروساختار بعد از عمل پلاریزاسیون در شکل ۲-b نشان داده شده است که دارای تعداد خیلی کمی ترک های ریز است که ترک های آن نسبت به آلومینیوم مرجع خیلی کمتر شده است.

شکل ۳-a مربوط به نمونه ۱۵ دقیقه آندایز رنگ و سیل شده قبل از عملیات پلاریزاسیون می باشد که تشکیل لایه های Al_2O_3 روی سطح Al به خوبی مشخص است. شکل ۳-b همین میکروساختار را بعد از عملیات پلاریزاسون نشان می دهد که ساختار داری میکرو ترک شده است.

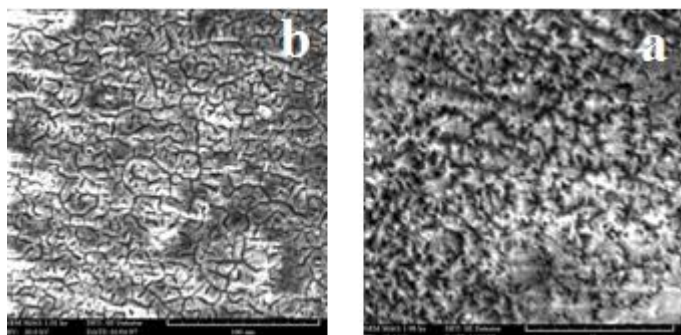
چهارمین همایش مشترک انجمن مهندسين متالورژی و جامعه علمی ريخته گری ايران



شکل ۱-ا میکروساختار نمونه مرجع قبل پلازماسیون شکل ۱-ب میکروساختار بعد از پلازماسیون

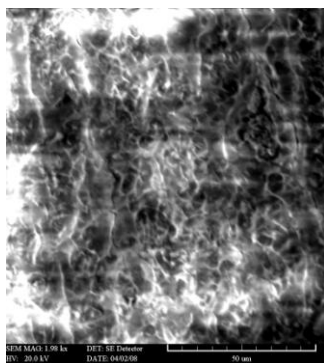


شکل ۲-ا نمونه ۱۵ دقیقه آندایز شده و سیل شده قبل از پلازماسیون شکل ۲-ب همین نمونه بعد از پلازماسیون



شکل ۳-ا نمونه ۱۵ دقیقه آندایز شده رنگ و سیل شده قبل از پلازماسیون شکل ۳-ب همین نمونه بعد از پلازماسیون

شکل ۴-ا وجود حفره های لانه زنبوری Al_2O_3 روی سطح Al را بخوبی شکل ۳-ا نشان می دهد این ساختار مربوط به نمونه با ۳۰ دقیقه عملیات آندایزینگ و سپس رنگ کردن و سیل کردن می باشد .



شکل ۴ نمونه ۳۰ دقیقه آندایز شده رنگ و سیل شده قبل از پلاریزاسیون

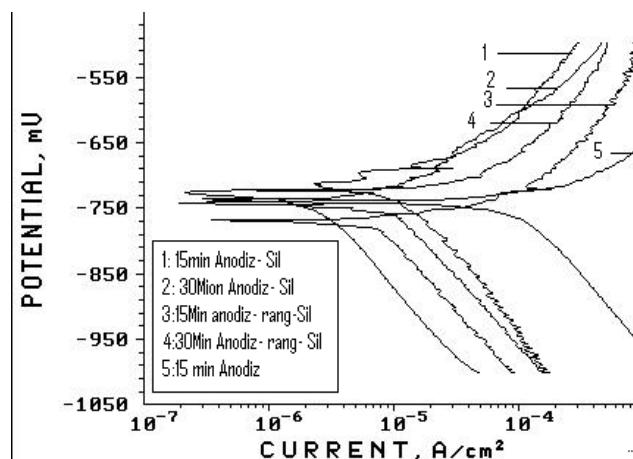
بطور کلی میکروساختارهایی که بعد از عملیات پلاریزاسون تهیه شده اند به خوبی نمونه های بدون عملیات پلاریزاسیون نقش تشکیل لایه محافظ Al_2O_3 را روی سطح Al نشان نمی دهند ولذا به همین دلیل علاوه بر ۶ نمونه اول ۳ نمونه دیگر جهت تهیه تصاویر SEM بطور جداگانه تهیه شدند.

شکل ۵ منحنی های پلاریزاسون کلیه نمونه ها جهت مقایسه نشان می دهد هر چه نمودار به سمت راست شیفต์ پیدا کند دانسیته جریان خوردگی افزایش یافته و فلز بیشتر خورده خواهد شد منحنی آلومینیوم مرجع به دلیل شیفต์ زیادی که به سمت راست پیدا می کرد در این محدوده قرار نگرفته و منحنی آن نمایش داده نشده است پس بیشترین خوردگی مربوط به نمونه بدون عملیات بوده و با عملیات آندایزینگ خوردگی کاهش یافته است بعد از AL مرجع نمونه ۱۵ دقیقه آندایز شده و بدون سیل دارای بیشترین خوردگی است پس سیل کردن نمونه ها توانسته به مقدار زیادی خوردگی را کاهش دهد.

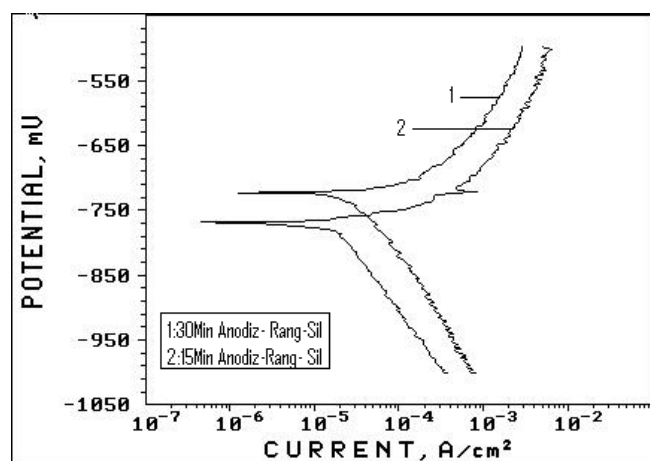
همچنین مشاهده می شود که نمودار نمونه های رنگ شده نسبت به نمونه های رنگ نشده بیشتر به سمت راست میل کرده اند یعنی رنگ کردن نمونه ها نتوانسته خوردگی را کاهش دهد بلکه هدف از رنگ کردن نمونه ها کاهش خوردگی نبوده و بیشتر جنبه ی تزئیناتی آن مدنظر است تا بتوان رنگ های جذاب و روشن روی آلومینیوم ایجاد کرد.

شکل ۶ نیز منحنی های پلاریزاسیون نمونه های ۱۵ و ۳۰ دقیقه آندایز شده و سپس رنگ و نهایتاً سیل شده را نشان می دهد همانطور که مشاهده می شود نمونه ای که به مدت ۳۰ دقیقه آندایز شده و سپس رنگ شده نسبت به نمونه ای که ۱۵ دقیقه آندایز شده و رنگ شده بیشتر به سمت راست میل کرده و دارای مقاومت به خوردگی کمتری می باشد علت این امر زیاد بودن زمان آندایزینگ و ایجاد ترک های خیلی ریز در قطعه می توان دانست.

دانسیته جریان خوردگی و پتانسیل خوردگی برای کلیه نمونه هایی که تحت آزمایش پلاریزاسیون قرار گرفته اند در جدول شماره-۱ آورده شده است.



شکل ۵ منحنی های پلاریزاسیون کلیه نمونه ها



شکل ۶ منحنی های پلاریزاسیون نمونه های ۱۵ و ۳۰ دقیقه آندایز شده و سپس رنگ و سیل شده

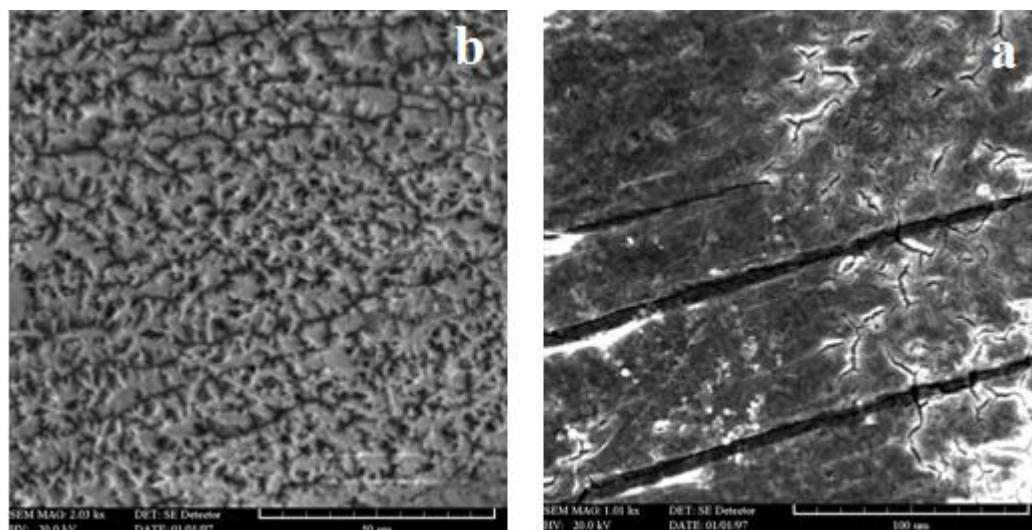
همانطور که از جدول مشاهده می شود دانسیته جریان خوردگی نمونه مرجع در حد میلی آمپر است در حالیکه با عملیات آندایزینگ این مقدار به میکرو آمپر رسیده است که این بیانگر کاهش بسیار زیاد خوردگی و افزایش مقاومت به خوردگی می باشد.

دانسیته جریان خوردگی نمونه های سیل شده در مقایسه با نمونه های سیل نشده کاهش بیشتری را نشان می دهد که بیانگر اثر سیل کردن در کاهش خوردگی پس از عملیات آندایزینگ می باشد. همچنین مشاهده می شود با افزایش مدت زمان آندایزینگ، خوردگی مقدار بسیار اندکی افزایش یافته است علت این امر در ایجاد ترک و نفوذ ماده خورنده به داخل سطح و نهایتاً افزایش خوردگی می باشد. البته این ترک ها بسیار ریز می باشند و اثر چندان زیادی در افزایش خوردگی ندارند. وجود این ترک ها بخوبی در

شکل های ۷-a و ۷-b نشان داده شده است. چنین اثری را در مورد رنگ کردن نمونه ها می توان دید یعنی با عمل رنگ کردن خوردگی مقداری افزایش یافته است مثلاً برای نمونه های ۱۵ دقیقه آندایز شده دانسته جریان از مقدار $1.885 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ به مقدار $8.151 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ و برای نمونه های ۳۰ دقیقه آندایز شده از مقدار $6.408 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ به مقدار $10.50 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ رسیده است.

جدول ۱ نتایج حاصله از پلاریزاسون نمونه ها

نمونه	I_{corr}	E_{Corr}
AL-مرجع	$-74 \text{ mA}/\text{cm}^2$	-769.1 mV
AL-۱۵ دقیقه آندایز شده	$-91.74 \mu\text{A}/\text{cm}^2$	-741.4 mV
AL-۱۵ دقیقه آندایز شده و سیل شده	$-1.885 \mu\text{A}/\text{cm}^2$	-727.3 mV
AL-۱۵ دقیقه آندایز شده، رنگ شده و سیل شده	$-8.151 \mu\text{A}/\text{cm}^2$	-737.1 mV
AL-۳۰ دقیقه آندایز شده، سیل شده	$-6.408 \mu\text{A}/\text{cm}^2$	-769.1 mV
AL-۳۰ دقیقه آندایز شده، رنگ شده و سیل شده	$-10.50 \mu\text{A}/\text{cm}^2$	-723.5 mV



شکل ۷-a نمونه ۳۰ دقیقه آندایز شده سپس رنگ و سیل شده بعد از پلاریزاسون شکل ۷-b نمونه ۳۰ دقیقه آندایز شده و سیل شده قبل از پلاریزاسون

جدول ۲ راندمان حفاظت نمونه ها

نمونه	%EP
آلومینیوم ۱۵ دقیقه آندایز شده	۹۹،۸۸
آلومینیوم ۱۵ دقیقه آندایز شده و سیل شده	۹۹،۹۹۷
آلومینیوم ۱۵ دقیقه آندایز شده و سیل شده و رنگ شده	۹۹،۹۹۸
آلومینیوم ۳۰ دقیقه آندایز شده و سیل شده	۹۹،۹۹۱
آلومینیوم ۱۵ دقیقه آندایز شده ، رنگ شده و سیل شده	۹۹،۹۸۵

برای بدست آوردن راندمان حفاظت در عملیات آندایزینگ از فرمول زیر استفاده شده است که I. دانسیته جریان آلومینیوم مرجع و I دانسیته جریان نمونه آندایز شده و EP مخفف کلمه ی Efficiency Protection می باشد :

$$\%EP = (I^{\circ} - I) / I^{\circ}$$

فرمول-۱

کلیه ی نتایج بدست آمده در جدول شماره ۲ آورده شده است، همانطور که از جدول مشاهده می شود آندایزینگ دارای راندمان بالای ۹۹،۹۸٪ می باشد لذا این روش بسیار مؤثر در کاهش خوردگی آلومینیوم می باشد . کمترین راندمان مربوط به نمونه سیل نشده و بالاترین آن مربوط به نمونه ۱۵ دقیقه آندایز شده ، رنگ و سیل شده می باشد.

نتیجه گیری

با آندایز کردن فلز آلومینیوم خوردگی این فلز به میزان زیادی کاهش می یابد به گونه ای که دانسیته جریان خوردگی از mA/cm^2 به $\mu A/cm^2$ کاهش می یابد. سیل کردن آلومینیوم آندایز شده سبب هوابندی کردن حفرات ۶ وجهی های و کاهش میزان خوردگی فلز می شود. رنگ کردن آلومینیوم آندایز شده تأثیر چندانی روی خوردگی این فلز ندارد و بیشتر جنبه تزئیناتی آن مدّ نظر است. با افزایش بیش از حد زمان آندایزینگ و یا عدم کنترل دقیق دانسیته جریان و ولتاژ رکتیفایر سطح فیلم آندایز شده ترک های ریز ایجاد شده و باعث افزایش خوردگی در حد میکرو می شود. رنگ ایجاد شده سورمه ای می باشد.

مراجع

۱- اردشیر طهماسبی، "آلومینیوم"، انتشارات جامع ریخته گران ایران، تهران

- ۲- علی اکبر قاری نیت، "عملیات کارگاهی آلومینیوم"، انتشارات باستان، تهران
- ۳- هوشنگ فرج زاده، "آنودایزینگ و رنگ کردن آلومینیوم"، انتشارات جهاد دانشگاهی امیرکبیر، تهران، ۱۳۶۵

Study on the effect of anodizing and painting on corrosion resistance of pure Al in HCl medium

hosseinkhani hossein*, heydari zadeh saeid, dadgari nejad athareh

Department of Metallurgy and Materials Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

Hossein%20%24@yahoo.com

Abstract

As pure Al exposes to the atmosphere, an adhesive layer of oxide forms that causes a massive layer of oxide to be created on the surface of metals. This thick oxide layer enhances corrosion and wear resistance of the metal. In order to study the effect of anodizing and painting on corrosion resistance of pure AL, samples were prepared as follows: they were anodized in ۱۰% HCl solution under the condition of ۲ A/dm^۲(current density) and ۲۰ V (voltage) (۳ samples for about ۱۰ minutes and ۳ samples for about ۳۰ minutes), then one samples from each group was sealed in distilled water. After that, two samples (on from each group) were painted in Potassium Ferrocyanide and Chloroferric solutions. Finally, polarization in hydrochloric acid was performed on all samples and SEM micro-graphs were taken before and after polarization.

According to the results of this research, anodizing enhance corrosion resistance of pure Al. samples boiled in distilled water were resistance to corrosion. Painting has no effect on corrosion resistance and is just a way of decoration.

Keywords: Aluminum, Anodizing, Painting, Corrosion, Polarization