

بررسی و امکان‌سنجی استفاده از میوه اقاچیا به‌عنوان بازدارنده

طبیعی خوردگی در حفاظت اشیاء برنزی تاریخی

وحید پورزرغان

عضو هیات علمی گروه مرمت آثار تاریخی دانشکده هنر و معماری دانشگاه زابل

مرکز پژوهش باستان‌شناسی دانشگاه زابل

(مکاتبات: V_poorzarghan@uoz.ac.ir; email)

چکیده

پدیده بیماری برنز مهم‌ترین عامل تخریب اشیاء برنزی محسوب می‌شود. تاکنون روش‌های مختلفی برای مقابله با آن ارایه شده‌است. بازدارنده‌های شاخصی که برای این منظور مورد استفاده قرار گرفته‌اند BTA و AMT می‌باشند. این بازدارنده‌ها در حین کنترل بازدارندگی، سمی و سرطان‌زا هستند. در شرایط ایده‌آل این بازدارنده‌ها قادر به کند کردن فعالیت یون کلر هستند ولی بعد از دوره درمانی دچار برخی از تأثیرات جانبی می‌شوند. در این پژوهش برای برطرف کردن چنین مشکلاتی، بازدارنده طبیعی اقاچیا در غلظت‌های ۲۰۰ ppm تا ۱۸۰۰ ppm در محیط خورنده محلول سدیم کلرید ۰/۵ M بر روی آلیاژ برنز با درصد شبیه به آلیاژهای باستانی (Cu-10Sn) به روش دستگاهی پتانسیواستات، روش کاهش وزن و محوطه رطوبت‌ساز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از آنالیزها اگر چه حاکی از قدرت بازدارندگی اقاچیا هستند اما در تصاویر و آنالیز SEM-EDX خوردگی مرزانه‌ای بر روی سطوح کوپن‌ها مشهود است. واژگان کلیدی: خوردگی، بیماری برنز، بازدارنده‌های طبیعی، اقاچیا، پتانسیواستات، SEM-EDX.

Investigation and Feasibility of Using Acacia Fruit as Natural Corrosion Inhibitor in Conservation of Historical Bronze Objects

Poorzarghan. V

Faculty of art and architecture, Dpt of Conservation of Historic-Cultural Properties, Zabol University

Abstract

Bronze disease is one of the most deteriorating phenomena in historic Bronze artworks and many different methods are reported to treat it. The most reported corrosion inhibitors against it are BTA and AMT. These constraints during inhibitory control toxic and carcinogenic, ideally these inhibitors capable of slowing down the activity of chloride, but after treatment with a side impact to some. In this study, to overcome such problems, a natural inhibitor at concentrations of 200 ppm to 1800 ppm acacia in corrosive environment sodium chloride 05/M on bronze alloy of ancient alloys similar to (Cu-10Sn) Potansiostat polarization method, weight loss method and humidifier area to evaluate. Although the results of the analysis indicate that the deterrent Acacia images and SEM-EDX analysis of grain boundary corrosion is evident on the coupon surfaces.

Key words: Corrosion, Bronze Disease, Natural inhibitors, Acacia, Potansiostat, SEM-EDX

۱- مقدمه

بازدارنده‌ها به طور عمومی موادی هستند که در غلظت‌های مناسب، میزان واکنش‌های شیمیایی را کاهش می‌دهند. این مواد می‌توانند از رشد عوامل بیولوژیکی جلوگیری کنند و باعث متوقف ساختن فرایندهای فیزیولوژیکی شوند. بازدارنده از کلمه لاتین *Inhibere* به معنی مانع شدن، جلوگیری کردن یا حفظ کردن است. بازدارنده در غلظت‌های پایین در محیط‌های خوردنده هستند که باعث به تعویق انداختن خوردگی فلزات می‌شوند. این مواد می‌توانند به صورت جامد، مایع و یا گاز باشند و در محیط‌های بسته، گازی و آبی بکار روند (Groysman, 2010). استفاده از بازدارنده‌های خوردگی در متن حفاظت از آثار فلزی بسیار مورد توجه واقع شده است (Turgoose, Keen, 1985). بازدارنده‌های خوردگی به شکل ترکیبات غیر محلول در سطح فلز می‌تواند پایداری بهتری را برای خوردگی فلز فراهم سازد و استفاده از آن برای حفاظت آثار فلزی بسیار رایج است. ترکیبات بازدارنده با ایجاد لایه نازک نفوذناپذیری بر اثر باعث کندی فعالیت‌های آندی و کاتدی می‌شود. از این روش حفاظتی می‌توان به عنوان آخرین و رایج‌ترین راه حل برای مقابله با بیماری برنز و رهایی از این مشکل، استفاده نمود. در بررسی بازدارنده‌ها بر روی آثار برنزی تاریخی، آزمایشاتی که بر روی بازدارنده (Faltermerier, 1998) BTA، جاجن دگسد و مایر بر روی AMT انجام دادند (Faltermerier, 1992) حاکی از قدرت بازدارندگی این ترکیبات بر روی آلیاژهای برنزی تاریخی هستند. این بازدارنده‌ها اگر چه دارای بازده زیادی هستند اما بزرگترین مشکل این بازدارنده‌ها سمیت و سرطان زا بودن این ترکیبات بر روی عوامل زیست‌محیطی است. به این منظور بازدارنده‌های طبیعی از جمله عسل، شیره انجیر (پور زرقان و دیگران، ۱۳۸۹، صص ۵۰-۶)، عصاره مریم گلی (بخشنده فرد و دیگران، ۱۳۹۰) و عصاره چای سبز (بخشنده فرد و دیگران، ۱۳۹۱) در سال‌های اخیر مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. در این مقاله به بررسی قدرت بازدارندگی میوه درخت ااقیا پرداخته شده است.

۲- روش تحقیق

در این مقاله برای انجام آزمایش‌ها در تعیین قدرت بازدارندگی میوه ااقیا از دستگاه پتانسیو استات مدل SAMA 500 electro analyzer system، شامل سه الکتروود، الکتروود کمکی از جنس پلاتین، الکتروود مرجع از نوع جیوه کلرید اشباع (کالومل) و الکتروود کاری که به صورت میله‌ای به طول ۷/۵ سانتیمتر، قطر ۰/۷۳ سانتیمتر با ترکیب (Cu-10Sn) تهیه گردید. سپس با کاغذ سمباده با شماره‌های ۴۰۰ تا ۲۲۰۰ پولیش و جلا داده شده است. برای کالیبره کردن دستگاه از تکنیک *Liner sweep Voltammetry (LSV) tofel* استفاده شد. همچنین از روش کاهش وزن کلاسیک، محوطه رطوبت ساز و در نهایت برای ارزیابی مهندسی سطوح و قدرت بازدارندگی میوه ااقیا از میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM - EDX ساخت شرکت فیلیپس از کشور هلند و مدل XL30 استفاده شد (پور زرقان و دیگران، ۱۳۸۹، صص ۴۱-۷۱).

۳- بحث

نام دیگر درخت ااقیا، شجره اسرار است. درخت ااقیا یا درخت صمغ عربی در بلوچستان می‌روید ولی معروف‌ترین صمغ آن مربوط به سنگال است. سودان و تانزانیا مهم‌ترین صادر کننده صمغ ااقیا هستند. صمغ ااقیا علاوه بر خاصیت دارویی خاصیت ضد خوردگی آن بر روی فولاد در شبکه‌های آب

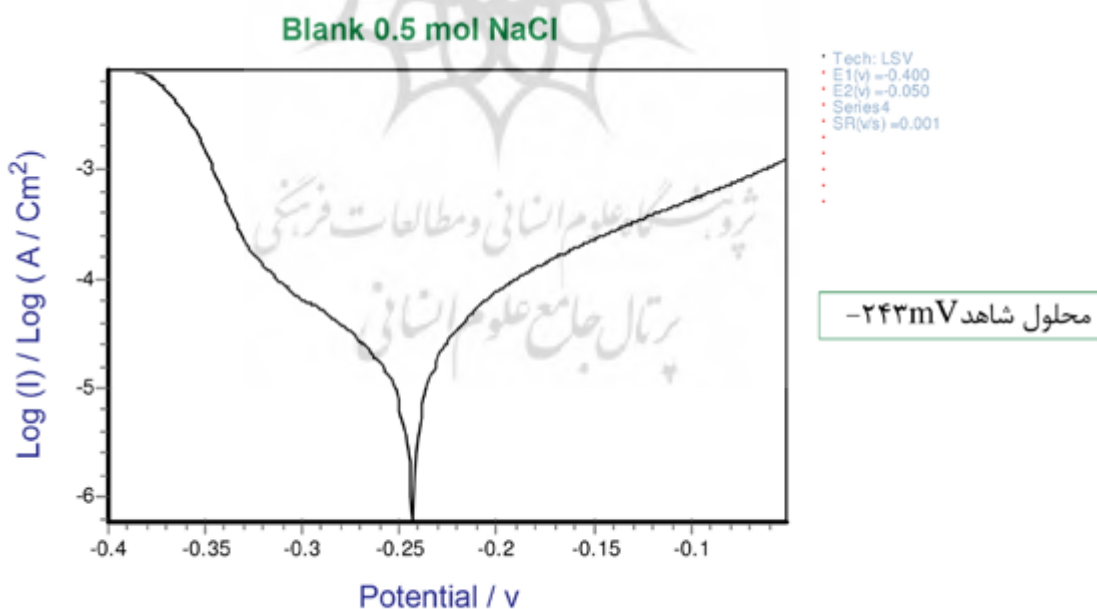
آشامیدنی به وسیله پتانسیو دینامیک مورد آزمایش قرار گرفته است (Buchweishuija and et al, 2007). در این آزمایش برای بررسی بازدارندگی بر روی آلیاژ برنز (Cu-10Sn) از میوه اقاچیا استفاده گردید. این میوه از خانواده Leguminosa می باشد. میوه های این درخت در غلافی به رنگ قهوه ای به طول ۸ سانتی متر و عرض حدود یک سانتی متر دارای دوازده تا پانزده دانه ی گرد می باشد (پورزرقان و دیگران، ۱۳۸۹: ۴۸).

۳-۱-۱- ترکیبات شیمیایی

ترکیبات عمومی این ماده حاوی فندهای طبیعی از نوع رامنوز، آرابینوز و گالاکتوز و همچنین اسید گلوکونیک، ۴ متوکسی گلوکونیک و روبی نین می باشد. همچنین مقداری لیگنین و مواد معدنی دیگر مانند کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم به مقدار نسبتاً زیادی در این ترکیب وجود دارد. (karmalla, et al, 1988)

۳-۲- تهیه محلول شاهد

برای ساختن محلول شاهد از کلرید سدیم ۰/۵ M, Merck استفاده شد. این محلول در ظرف مخصوص دستگاه به حجم ۱۰۰ ml ریخته شد. پس از کالیبره شدن دستگاه شروع به رسم منحنی پلاریزاسیون می کند. نکته قابل توجه در منحنی های رسم شده توسط دستگاه، این است که در هر بار دستگاه یک E_{corr} ثبت می کند. برای چندین مرتبه باید این عملیات را تکرار کرد تا بتوان مقدار پتانسیل خوردگی نسبتاً ثابتی را ثبت کرد. در منحنی پلاریزاسیون (نمودار ۱) برای محلول شاهد (۰/۵ M سدیم کلرید) مقدار پتانسیل خوردگی برابر -۲۴۳ mV ثبت شد.

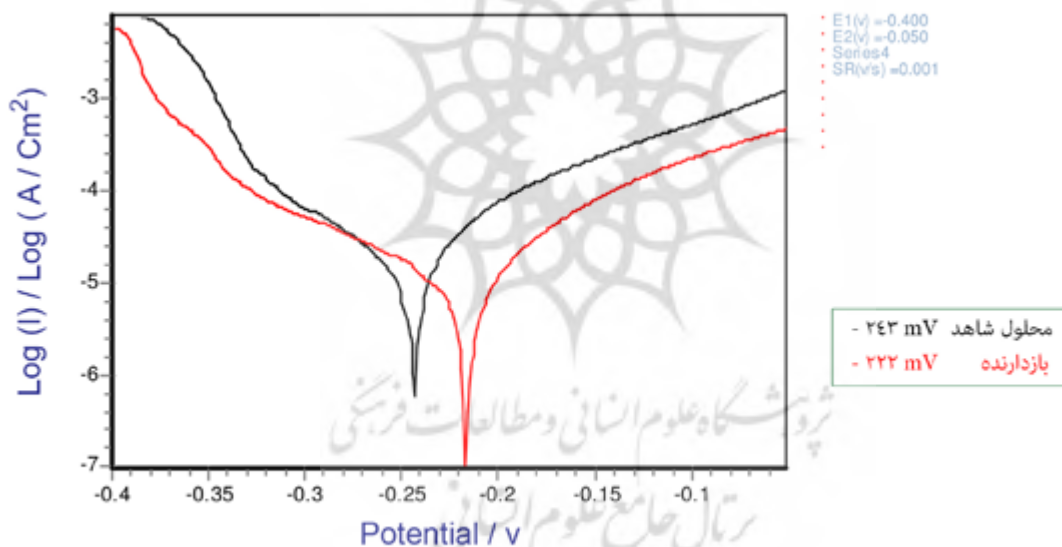


نمودار (۱) : منحنی پلاریزاسیون تافل محلول سدیم کلرید ۰ / ۵ M

۳-۳- تهیه محلول اولیه از میوه اقاچیا

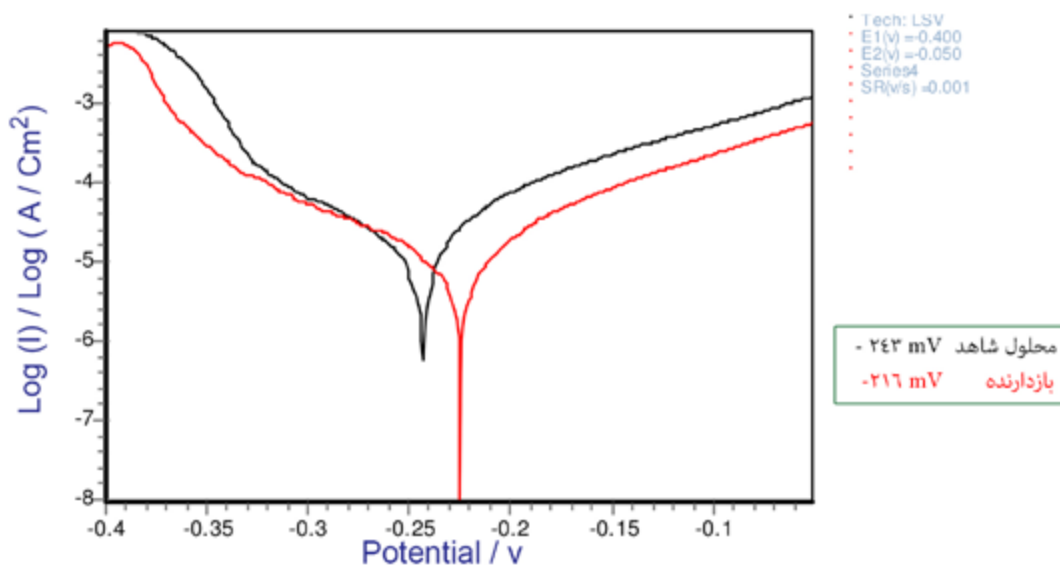
میوه اقاچیا مورد نظر از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان تهیه شد. برای تهیه محلول مادر، نمونه را در هاون به صورت پودر درآورده. پودر را به اندازه مورد نظر بوسیله ترازوی

دیجیتال توزین کرده و با آب مقطر نمونه‌های توزین شده مورد نظر به حجم رسانده شد. محلول‌های ااقیا برای این آزمون از ۲۰۰ ppm تا ۲۰۰۰ ppm تهیه شد. سپس هر یک از این ppm به صورت جداگانه با محلول خورنده سدیم کلرید ۰.۵ M / مخلوط گردید تا به وسیله دستگاه پتانسیو استات قدرت بازدارندگی آن مورد بررسی قرار گیرد (پور زرقان و دیگران، ۱۳۸۹: ۴۸). برای بررسی و آزمون دقیق نرخ خوردگی، پتانسیل خوردگی و قدرت بازدارندگی محلول مورد نظر در هر ppm خاص، لازم است چندین بار آزمایش تکرار شود. داده‌های دستگاه پتانسیو استات در جدول (۷) آورده شده است. در ادامه برای تحلیل بعضی از این نمودارها، با حجم‌های ۱۰۰۰ ppm تا ۱۸۰۰ ppm نسبت به محلول شاهد در زیر آورده شده است. در نمودار (۲) پتانسیل خوردگی محلول شاهد -243 mV است که با توجه به پتانسیل خوردگی نمونه در حضور محلول بازدارنده به سمت مقادیر مثبت -222 mV ، نشان‌دهنده تغییر جهت 21 mV به سمت مقادیر مثبت است که بر مختلط بودن نوع بازدارنده دلالت دارد. علاوه بر تغییر پتانسیل خوردگی افت جریان کوچکی در شاخه آندی دیده می‌شود.



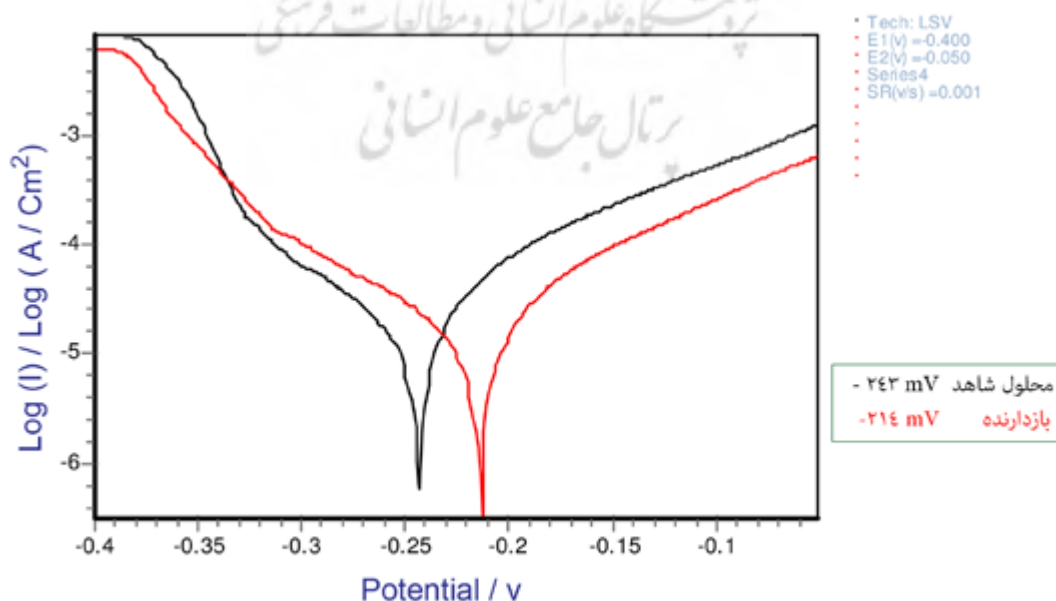
نمودار (۲): منحنی پلاریزاسیون تافل محلول ااقیا در ۱۰۰۰ ppm در حضور محلول خورنده سدیم کلرید ۰.۵ M /

در نمودار (۳) پلاریزاسیون تافل در ۱۲۰۰ ppm محلول ااقیا در حضور محلول سدیم کلرید ۰.۵ M دیده می‌شود که پتانسیل خوردگی بازدارنده -216 mV است که با توجه به محلول شاهد، نمودار بازدارنده تغییر جهتی به سمت مقادیر مثبت دارد. علاوه بر تغییر پتانسیل خوردگی، افت جریان در هر دو شاخه آندی و کاتدی محسوس است.

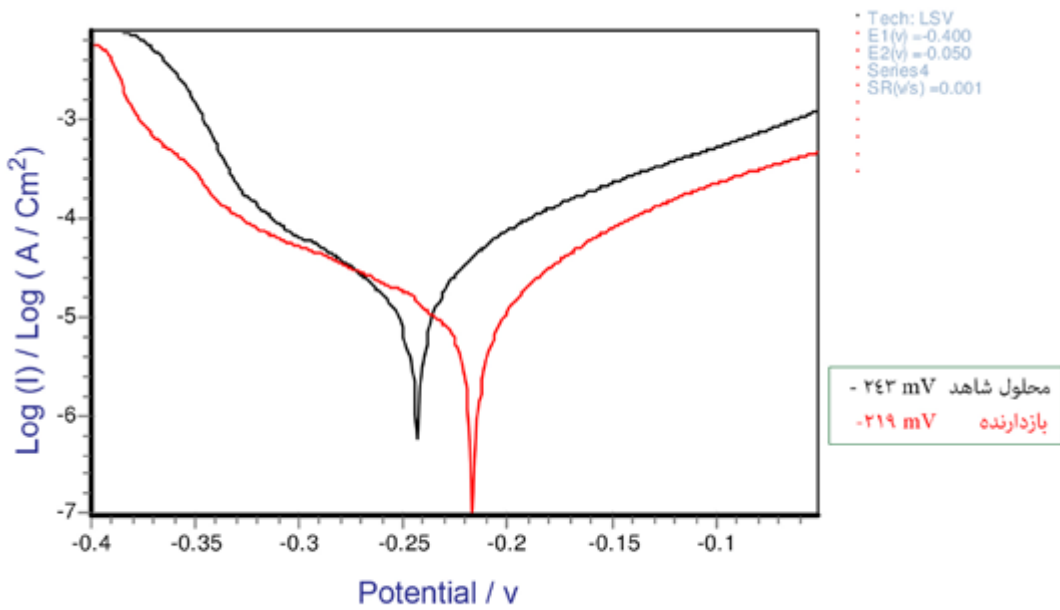


نمودار (۳) : منحنی پلاریزاسیون تافل محلول اقاچیا در ۱۲۰۰ ppm در حضور محلول خورنده سدیم کلرید ۰.۵ M / .

در نمودار (۴) پلاریزاسیون تافل محلول اقاچیا در ۱۴۰۰ ppm است پتانسیل خوردگی محلول بازدارنده ۲۱۴ mV- است که نسبت به محلول شاهد ۲۹ mV به سمت مقادیر مثبت تغییر جهت داده است. جریان خوردگی نیز در شاخه‌های آندی و کاتدی افت ناچیزی داشته است.

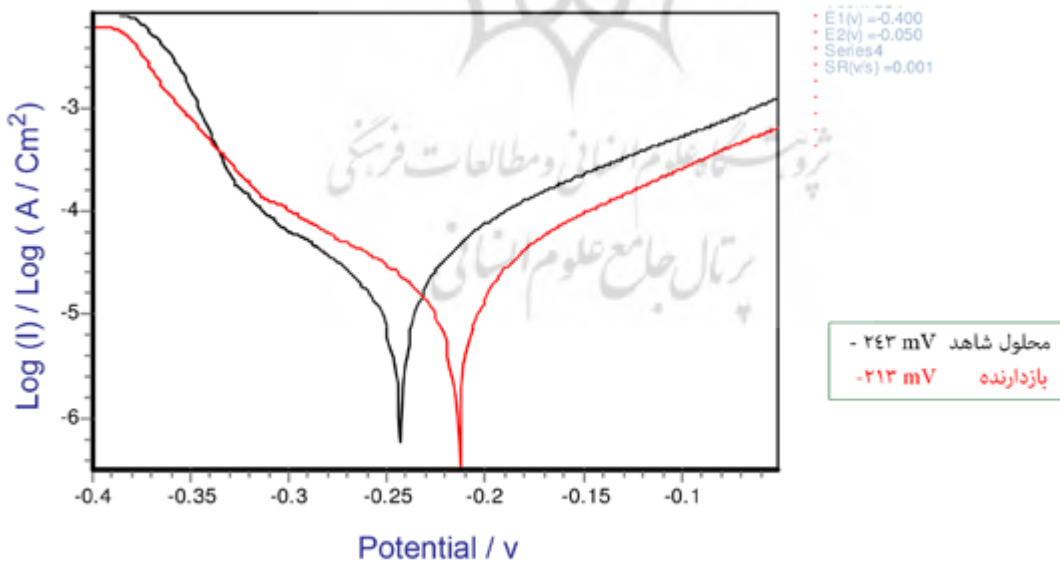


نمودار (۴) : منحنی پلاریزاسیون تافل محلول اقاچیا در ۱۴۰۰ ppm در حضور محلول خورنده سدیم کلرید ۰.۵ M / .



نمودار (۵) : منحنی پلاریزاسیون تافل محلول اقاچیا در ۱۶۰۰ ppm در حضور محلول خورنده سدیم کلرید ۰.۵ M.

در منحنی پلاریزاسیون تافل (۶) پتانسیل خوردگی محلول اقاچیا در ۱۸۰۰ ppm، -213 mV است که نسبت به محلول خورنده 30 mV جابجایی داشته است. افت جریان خوردگی کوچکی نیز در شاخه آندی دیده می شود.



نمودار (۶) : منحنی پلاریزاسیون تافل محلول اقاچیا در ۱۸۰۰ ppm در حضور محلول خورنده سدیم کلرید ۰.۵ M.

۳-۴- محاسبه بازده بازدارندگی با استفاده از محاسبات دستگاه پتانسیوایستات

برای به دست آوردن درصد بازده بازدارندگی $\% IE$ مطابق رابطه ی (۱) که در آن I_{CORR} دانسیته جریان خوردگی با بازدارنده و I^0 دانسیته جریان خوردگی بدون بازدارنده می باشد، محاسبه می شود.

$$IE = \frac{I_{corr}^0 - I_{corr}}{I_{corr}^0} \times 100 \quad (1)$$

روش دیگر برای محاسبه درصد بازده بازدارندگی استفاده از رابطه (۲) است که در آن R_p مقاومت پلاریزاسیون با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Dillman 2007).

$$\theta = 1 - \frac{R_{p, \text{without inhibitor}}}{R_{p, \text{with inhibitor}}} \times 100 \quad (2)$$

در این آزمایشات دانسیته‌ی جریان خوردگی، نرخ خوردگی و وزن هم‌ارز در حضور و عدم حضور بازدارنده به وسیله استاندارد (ASTM, G 102-98) محاسبه شده‌است. (Dean, 1987) برای محاسبه دانسیته جریان مطابق رابطه زیر که

$$i_{corr} = \frac{I_{corr}}{A} \quad (3)$$

i_{corr} = دانسیته جریان خوردگی ($\mu A/cm^2$)

I_{corr} = جریان خوردگی (μA)

A = سطح تماس (cm^2)

نرخ یا سرعت خوردگی مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود

$$CR = K1 \frac{i_{corr}}{\rho} EW \quad (4)$$

CR = نرخ خوردگی (mpy)

$K1 = 3.27 \times 10^{-3}$ ($mm \ g/\mu A \ cm \ yr$)

ρ = دانسیته (g/cm^3)

داده‌های دستگاه پتانسیو استات با استفاده از روابط بالا محاسبه شده و در جدول (۱) آورده شده‌است.

جدول (۱): محاسبات جریان و پتانسیل خوردگی، مقاومت الکترولیت، دانسیته جریان، ضرایب شیب کاتدی و آندی و میزان خوردگی میوه افاقیا با دستگاه پتانسیو استات

Concentration acacia (W/V)	$-E_{corr}$ (mv)	R_p (ohm)	B_a (v/dec)	B_c (v/dec)	$I_{corrosion}$ (A)	$i_{corrosion}$ (A/cm^2)	Corrosion rate (mpy)
blank	243	800.5	0.0607	0.0668	2.716×10^{-5}	6.497×10^{-5}	28.381
200 ppm	211	1244	0.0612	0.0843	1.748×10^{-5}	4.181×10^{-5}	18.264
400 ppm	228	1315	0.0720	0.0791	1.653×10^{-5}	3.955×10^{-5}	17.276
600 ppm	214	1268	0.0618	0.0687	1.714×10^{-5}	4.102×10^{-5}	17.091
800 ppm	219	1508	0.0829	0.09	1.442×10^{-5}	3.0449×10^{-5}	15.066
1000 ppm	222	1765	0.0592	0.0720	1.232×10^{-5}	2.947×10^{-5}	12.873
1200 ppm	216	1573	0.0672	0.0959	1.382×10^{-5}	3.306×10^{-5}	14.441
1400 ppm	214	1734	0.0773	0.1087	1.254×10^{-5}	2.99×10^{-5}	13.1
1600 ppm	219	1218	0.0763	0.1044	1.785×10^{-5}	4.27×10^{-5}	18.652
1800 ppm	213	1029	0.1218	0.1171	2.113×10^{-5}	5.054×10^{-5}	22.077

با استفاده از داده‌های به دست آمده از دستگاه پتانسیواستات قدرت بازدارندگی محلول اقایا در جدول (۲) محاسبه شده است.

جدول (۲) - درصد بازدارندگی اقایا با غلظت های مختلف با استفاده از داده های دستگاه پتانسیواستات

Concentration (W/V)	acacia	$i_{corrosion} (A/cm^2)$	IE %
Blank		$6,497 \times 10^{-4}$	-
200 ppm		$4,181 \times 10^{-4}$	36
400 ppm		$3,955 \times 10^{-4}$	41
600 ppm		$4,102 \times 10^{-4}$	36,9
800 ppm		$3,449 \times 10^{-4}$	47
1000 ppm		$2,947 \times 10^{-4}$	35
1200 ppm		$3,306 \times 10^{-4}$	50
1400 ppm		$2,99 \times 10^{-4}$	54
1600 ppm		$4,24 \times 10^{-4}$	35
1800 ppm		$5,054 \times 10^{-4}$	23

۳-۵- روش کلاسیک کاهش وزن

روش کاهش وزن به علت عدم نیاز به دستگاه (به غیر از استفاده از ترازوی دیجیتالی) ساده‌ترین روش در مطالعه بازدارنده‌های خوردگی است. در این روش تغییرات وزن نمونه فلزی را قبل و بعد از قرارگرفتن در محیط خورنده (در غیاب و حضور بازدارنده) محاسبه می‌کنند. زمان انجام این آزمایش طولانی است، ولی به دلیل اینکه نتایج حاصل از این روش واقعی‌تر از روش الکتروشیمیایی است، هنوز هم به کار می‌رود (Tang and et al, 2005). که W_{corr} کاهش وزن نمونه در حضور عامل بازدارنده و W_0 کاهش وزن نمونه در عدم حضور عامل بازدارنده می‌باشد که با استفاده از رابطه (۵) به دست می‌آید.

$$IE = 1 - \frac{\Delta W_{inhibitor}}{\Delta W_{blank}} \times 100 \quad (5)$$

برای انجام آزمایش به روش کلاسیک الکترودهای تهیه شده (تصویر ۱) با درصد (Cu-10Sn) به صورت کوپن‌های گرد با قطر ۰/۷۳ سانتی‌متر و ضخامت ۲ میلی‌متر بریده شدند کوپن‌ها با استفاده از کاغذ سنباده، با درجه‌های ۴۰۰، ۸۰۰ تا ۲۲۰۰ پولیش و جلا داده شدند. سپس کوپن‌ها در الکل چربی‌زدایی و در آب مقطر شستشو شدند. نمونه‌های شستشو داده شده به مدت یک ساعت در آن در ۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. سپس کوپن‌ها به مدت یک ساعت در دسیکاتور قرار داده شد و در نهایت کوپن‌ها برای غوطه‌ور شدن در محلول اقایا توزین شدند (تصویر ۲).



تصویر (۲) : کوپن های آماده شده برای غوطه ور سازی



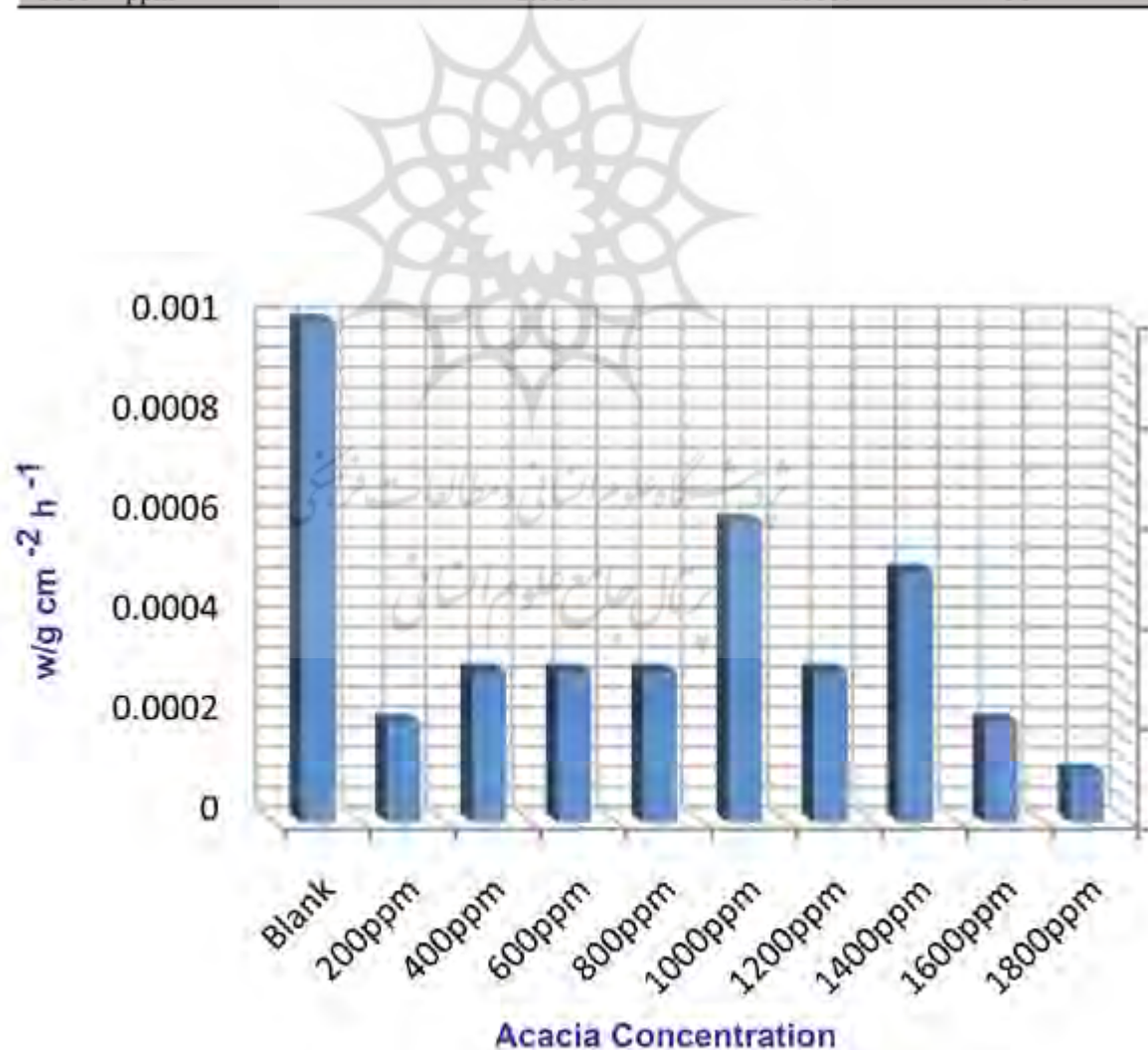
تصویر (۱) : الکترودهای تهیه شده برای برش کوپن ها

بعد از یک ماه غوطه‌وری در محلول بازدارنده در حضور محیط خورنده سدیم کلرید ۰/۵ M، هر هفته

یکی از کوپن‌ها از محلول شاهد و محلول اقاچیا بیرون آورده و با استفاده از رابطه (۵) قدرت بازدارندگی بازدارنده در هر هفته محاسبه شد. این عمل به مدت ۴ هفته بر روی کوپن‌ها انجام شد. نتایج حاصل از قدرت بازدارندگی نمونه مورد نظر در جداول و نمودارهای (جدول ۳ تا نمودار ۱۰) آورده شده است.

جدول (۳) : درصد بازدارندگی اقاچیا با حجم های مختلف در محیط خورنده سدیم کلرید ۰ / ۵ مولار بعد از یک هفته غوطه وری

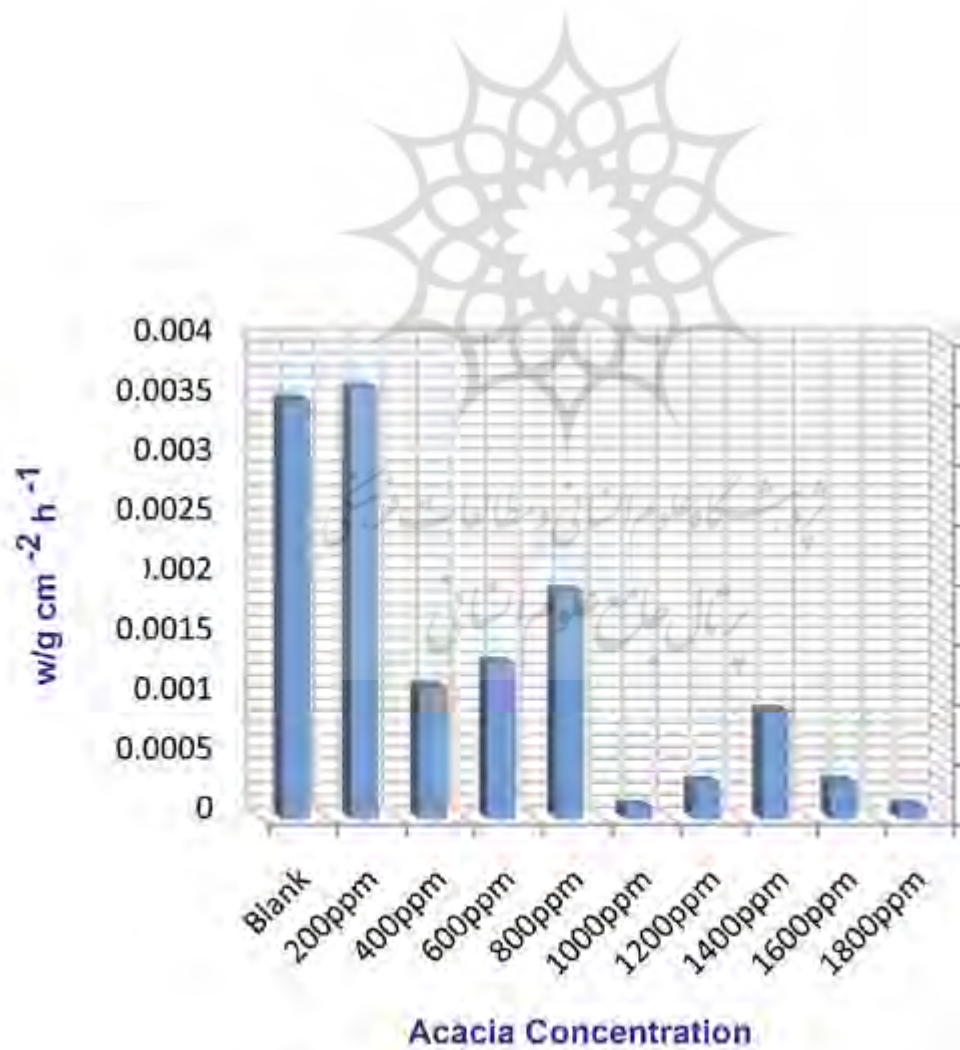
Concentration acacia and 0.5 M NaCl (W/V)	W_0	W_{corr}	IE %
Blank	2.0173	2.0163	-
200 ppm	2.3110	2.3108	80
400 ppm	2.4968	2.4965	70
600 ppm	2.5848	2.5845	70
800 ppm	2.6743	2.6740	70
1000 ppm	2.2343	2.2349	90
1200 ppm	2.0018	2.0015	70
1400 ppm	2.6505	2.6500	50
1600 ppm	2.5841	2.5839	80
1800 ppm	2.0608	2.0607	90



نمودار (۷) : میزان کاهش وزن بر اساس غلظت ۱۸۰۰ ppm اقاچیا بعد از یک هفته

جدول (۴) : درصد بازدارندگی افاقیا در محیط خورنده سدیم کلرید ۰/۵ مولار بعد از دو هفته غوطه وری

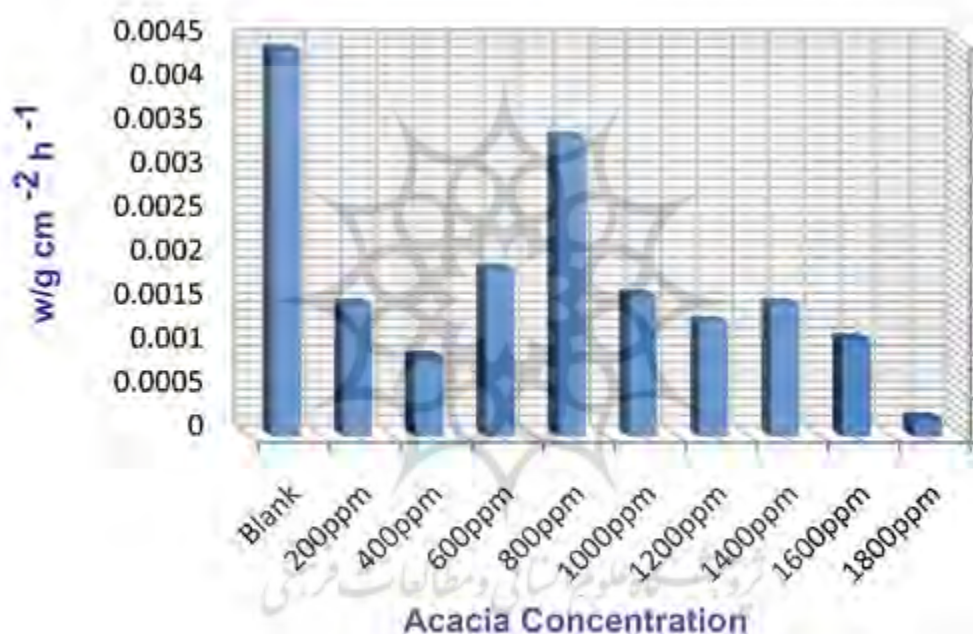
Concentration acacia and 0.5 M NaCl (W/V)	W_0	W_{corr}	IE %
Blank	2.0504	2.0469	-
200 ppm	2.0303	2.0297	83
400 ppm	2.5695	2.5684	69
600 ppm	2.5570	2.5557	63
800 ppm	2.5847	2.5828	46
1000 ppm	2.3056	2.3055	97
1200 ppm	2.1317	2.1314	91
1400 ppm	2.6040	2.6031	75
1600 ppm	2.8395	2.8392	91
1800 ppm	2.0985	2.0984	97



نمودار (۹) : میزان کاهش وزن بر اساس غلظت ۱۸۰۰ PPM افاقیا بعد از دو هفته

جدول (۵) : درصد بازدارندگی افاقیا در محیط خورنده سدیم کلرید ۰ / ۵ مولار بعد از سه هفته غوطه وری

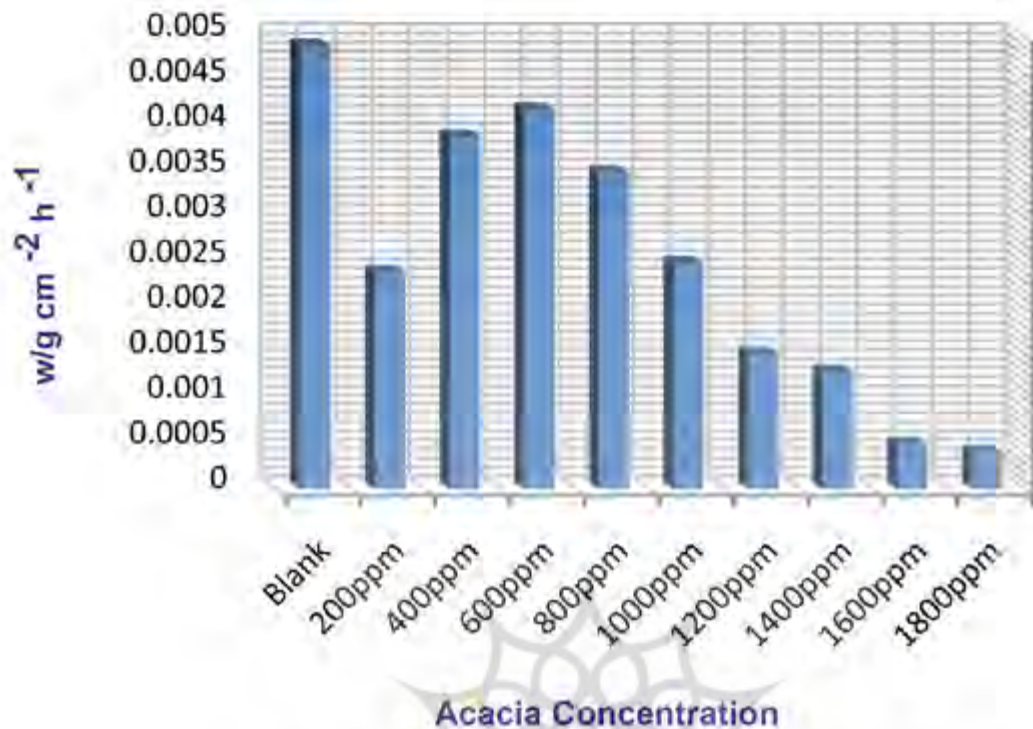
Concentration acacia and 0.5 M NaCl (W/V)		W_0	W_{corr}	IE %
Blank		2.0621	2.0577	-
200	ppm	2.3348	2.3333	66
400	ppm	3992.5	2.5377	50
600	ppm	2.4962	2.4943	57
800	ppm	2.6207	2.6173	23
1000	ppm	2.1186	2.1170	64
1200	ppm	2.3403	2.3390	71
1400	ppm	2.5824	2.5809	66
1600	ppm	2.6022	2.6011	75
1800	ppm	2.0587	2.0585	95



شماره (۹) : میزان کاهش وزن بر اساس غلظت ۱۸۰۰ PPM افاقیا بعد از سه هفته

جدول (۶) : درصد بازدارندگی افاقیا در محیط خورنده سدیم کلرید ۰ / ۵ مولار بعد از چهار هفته غوطه وری

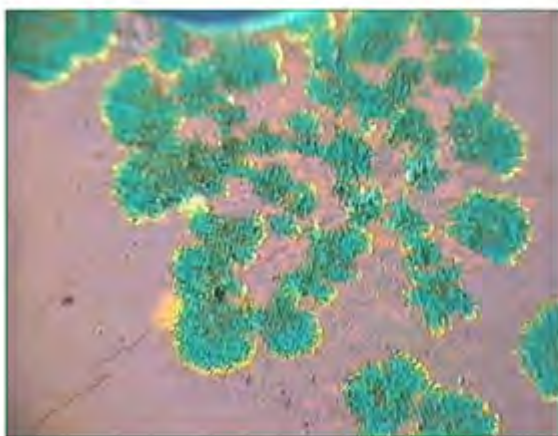
Concentration acacia and 0.5 M NaCl (W/V)		W_0	W_{corr}	IE %
Blank		2.1446	2.1395	-
200	ppm	2.1489	2.1465	55
400	ppm	2.5637	2.5598	27
600	ppm	2.5732	2.5690	21
800	ppm	2.5265	2.5230	34
1000	ppm	2.0030	2.0005	47
1200	ppm	2.5633	2.5618	72
1400	ppm	2.6731	2.6718	76
1600	ppm	2.4807	2.4802	90
1800	ppm	2.0847	2.0843	92



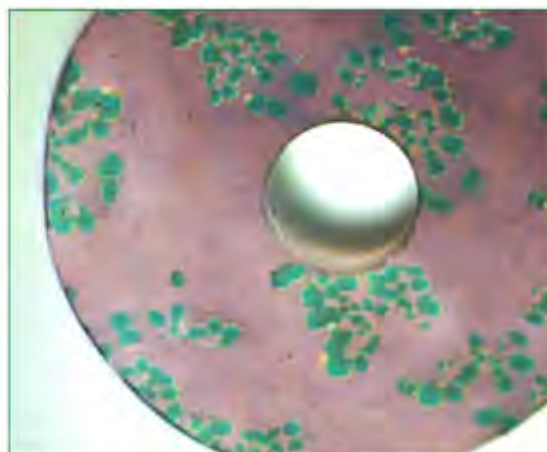
شکل ۱۰: میزان کاهش وزن بر اساس غلظت ۱۸۰۰ PPM ااقیا بعد از چهار هفته

۳-۶- آزمایش در محفظه رطوبت

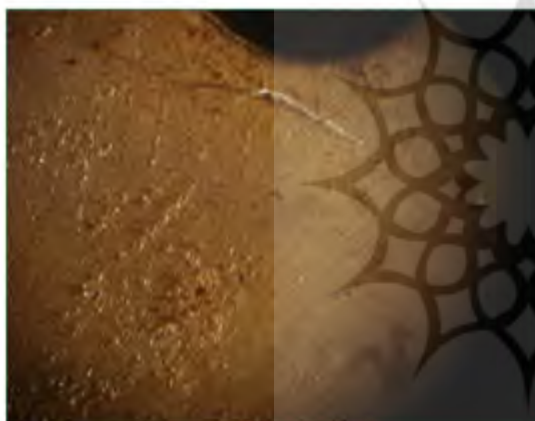
بعد از تهیه کردن کوپن‌ها، با درصد (Cu-10Sn)، با استفاده از کاغذ سنباده با درجه‌ها ۴۰۰ تا ۲۲۰۰، کوپن‌ها را کاملاً پولیش کرده تا سطحی کاملاً صاف و یکنواخت ایجاد گردد. بعد از این مرحله کوپن‌ها با آب مقطر شستشو داده شده و به وسیله الکل چربی‌زدایی شدند. نمونه‌ها به مدت یک ساعت در آون در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. کوپن‌ها به مدت ۲۴ و ۴۸ ساعت در محلول‌های ااقیا با غلظت ۱۰۰۰ ppm اغوطه‌ور شدند. بعد از بیرون آوردن، کوپن‌ها از محلول‌های به مدت یک ساعت در دمای اتاق خشک گردیدند و برای بررسی تغییر رنگ ظاهری بر روی سطوح کوپن‌ها از آنها عکس گرفته شد (عکس‌های ۳ تا ۸). برای تسریع‌سازی خوردگی، نمونه‌ها به محفظه رطوبت انتقال یافتند. کوپن‌ها در رطوبت نسبی 95 ± 2 و دمای ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. نمونه‌ها مطابق با استانداردهای (ASTM, G85) و (ISO, 9227) تحت اسپری کلرید سدیم $0.5 M$ قرار گرفتند. بعد از چهار هفته نمونه‌ها از محوطه‌ی رطوبت‌ساز بیرون آورده شدند و برای ارزیابی تاثیر بازدارنده بر روی سطوح کوپن‌ها، به وسیله دستگاه SEM-EDX مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند (تصاویر ۹ تا ۱۲).



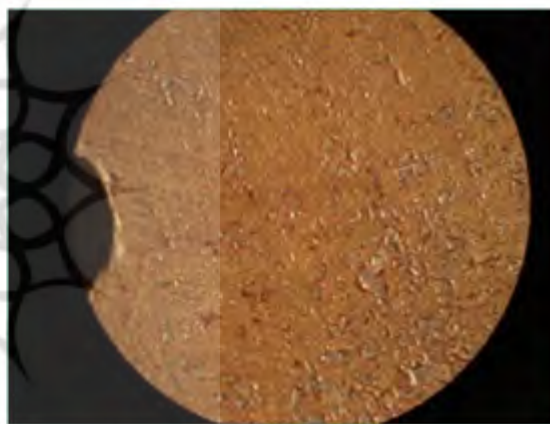
تصویر (۴) : کوپن در محل خورنده سدیم کلرید M ۰ / ۵ بعد از ۳۰ روز غوطه وری . بزرگنمای X ۶۰



تصویر (۳) : کوپن در محل خورنده سدیم کلرید M ۰ / ۵ بعد از ۳۰ روز غوطه وری . بزرگنمای X ۴۰



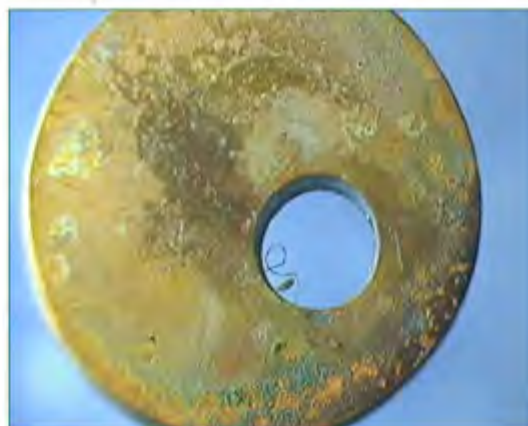
تصویر (۶) : کوپن در حضور بازدارنده اقاچیا با غلظت ۱۰۰۰ ppm بعد از ۳۰ روز غوطه وری . بزرگنمای X ۶۰



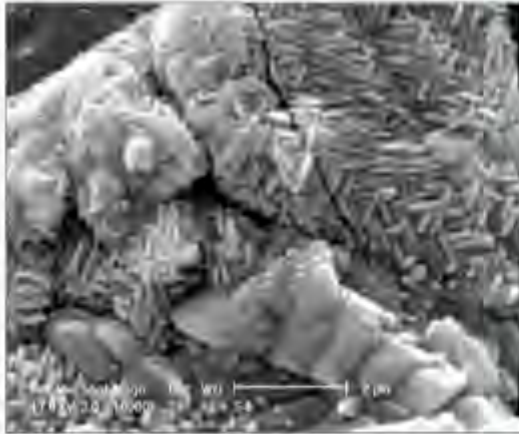
تصویر (۵) : کوپن در حضور بازدارنده اقاچیا با غلظت ۱۰۰۰ ppm بعد از ۳۰ روز غوطه وری . بزرگنمای X ۴۰



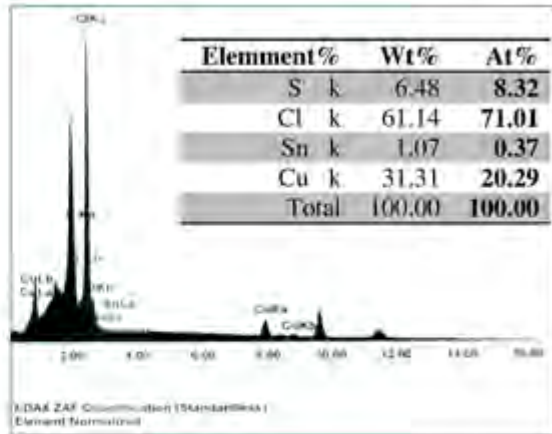
تصویر (۶) : کوپن در حضور بازدارنده اقاچیا با غلظت ۱۰۰۰ ppm بعد از ۳۰ روز غوطه وری . بزرگنمای X ۲۰



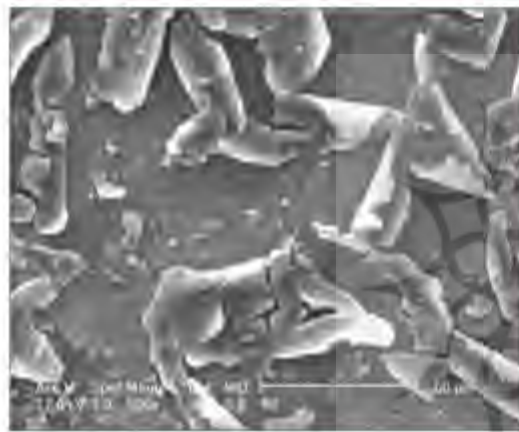
تصویر (۶) : کوپن در حضور بازدارنده اقاچیا با غلظت ۱۰۰۰ ppm بعد از ۳۰ روز غوطه وری . بزرگنمای X ۲۰



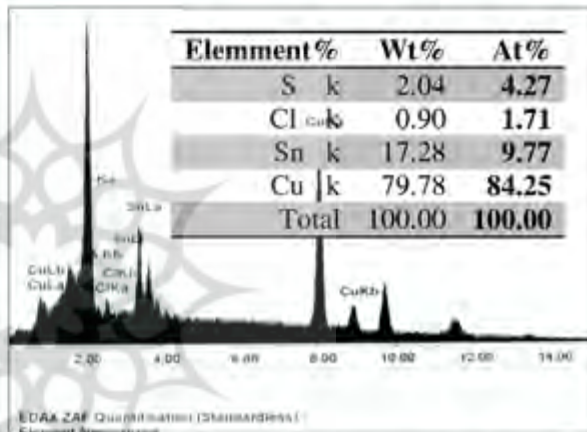
تصویر (۱۰) SEM از نمونه شاهد در برابر محلول خورنده سدیم کلرید ۰/۵ M



تصویر (۹) آنالیز EDX از نمونه شاهد در برابر محلول خورنده سدیم کلرید ۰/۵ M



تصویر (۱۲) SEM از سطح کوپن حاوی بازدارنده در حضور محلول خورنده سدیم کلرید ۰/۵ M



تصویر (۱۱) آنالیز EDX از سطح کوپن حاوی بازدارنده در حضور محلول خورنده سدیم کلرید ۰/۵ M

۴- نتیجه گیری

با توجه به بررسی‌های انجام گرفته بر روی میوه اقاچیا با استفاده از دستگاه پتانسیواستات مشخص گردید که داده‌های حاصل از این دستگاه قدرت بازدارندگی میوه اقاچیا در ۱۰۰۰ ppm با نرخ خوردگی ۱۲/۷۸ برابر با ۵۵ درصد برای آلیاژ برنزی با درصد (Cu-10Sn) نشان می‌دهد و دارای بازدارندگی مختلط است. در روش کلاسیک کاهش وزن که نتایج این روش واقعی‌تر از روش‌های الکتروشیمیایی است قدرت بازدارندگی میوه اقاچیا ۹۲ درصد محاسبه شد. در تصاویر SEM که از سطح کوپن‌ها در حضور محلول اقاچیا و محلول خورنده سدیم کلرید ۰/۵ M به دست آمد حاکی از ایجاد فیلم بر روی نمونه‌ها است. اما تصاویر SEM نشان از نوعی Segregation یا جدایش دانه‌ای در سطح کوپن‌ها در حضور محلول خورنده می‌باشد. با توجه به آزمایشات انجام گرفته لازم است برای بازدهی بهتر ترکیبات طبیعی دیگری به این بازدارنده اضافه گردد تا بتوان شرایط مناسب و بهینه‌ای را برای این نوع بازدارنده تعریف کرد.

قدردانی

در اینجا بر خود می‌دانم از دکتر وطن‌خواه، دکتر امامی، دکتر عابد اصفهانی، دکتر بخشنده‌فرد، مرتضوی، عود باشی، رازانی، محمدی، خنجری، تکنسین میکروسکوپ الکترونی جناب مهندس رضایی، سرکار خانم شیروانی، قبادی، و دیگر عزیزانی که مرا در این امر یاری رساندند صمیمانه تشکر و قدرانی می‌شود.

منابع و ماخذ

- وطن خواه. غلامرضا، بخشنده فرد. حمیدرضا، گلعداز. محمدعلی، سبزیان. محمدرضا، (۱۳۹۰)، عصاره مریم گلی دارویی به عنوان بازدارنده خوردگی طبیعی برای درمان اشیاء تاریخی مسی، دو فصل نامه تخصصی مرمت و پژوهش، صص ۴۲-۴۵.
- وطن خواه. غلامرضا، بخشنده فرد. حمیدرضا، گلعداز. محمدعلی، سبزیان. محمدرضا، (۱۳۹۱)، عصاره چای سبز (کاملیا سینن سبز) بازدارنده گیاهی غیر سمی برای کنترل خوردگی در آثار تاریخی مسی، دو فصل نامه تخصصی مرمت و پژوهش، ۴، صص ۸۵-۹۵.
- پورزرقان. وحید، وطن خواه. غلامرضا، بخشنده فرد. حمیدرضا، (۱۳۸۹)، بررسی و امکان استفاده از عسل به عنوان بازدارنده خوردگی در حفاظت اشیاء برنزی تاریخی، پایان نامه کارشناسی ارشد مرمت آثار تاریخی هنر دانشگاه اصفهان.
- پورزرقان. وحید، (۱۳۹۲)، تعیین نوع بازدارنده خوردگی در آلیاژهای تاریخی، دو فصل نامه تخصصی دانش مرمت و میراث فرهنگی دوره جدید. صص ۲-۶.
- پورزرقان. وحید، (۱۳۹۲)، اصول و مبانی الکتروشیمیایی در مبحث بازدارندگی خوردگی در آلیاژهای تاریخی، دو فصل نامه تخصصی دانش مرمت و میراث فرهنگی دوره جدید. صص ۴۷-۵۴.
- پورزرقان. وحید، وطن خواه. غلامرضا، بخشنده فرد. حمیدرضا، (۱۳۸۸)، مروری بر روش های حفاظتی در بیماری برنز، دو فصل نامه تخصصی دانش مرمت و میراث فرهنگی. صص ۸۲ تا ۹۰.

- Bard.A.J, Faulkner.L.R,(1980),Electrochemical Methods: Fundamentals and Application,John Wiley, New York,Butler, Carlos, 1935, acacia gum.17.
- Buchueishaijaj.J,G.S.Minizi,(2008), Natural Products as a Source of Environmentally FriendlyCorrosion Inhibitors: The Case of Gum Exudate from Acacia seyal var. seyal. Portugaliae Electrochimica Acta 26. 257-265.
- Dean. S. W,(1987), Technical Note: Calculation of Alloy Equivalent Weight,» Materials Performance, 25, No. 12, pp. 51-52
- Dillman, P. Berranger, G. Piccardo. Matthiesen, P. (2007). Corrosion of metallic heritage artifacts, Investigation, Conservation and prediction for long term behavior, Eropean Feederal of Corrosion, Woodhead, p359.
- Dom enech-carb o. A, Dom enech.carb o. M. T, Costa. V2009,(), Electrochemical methods in Archaeometry, Conservation and Restoration, Springer
- Faltermeier, B. Robert.(1998). A corrosion inhibitor test for copper-based artifacts. in :Studies in Conservation, 44, pp121-128.
- Faltermeier, R.(1992). AMT:a new corrosion inhibitor? In Archaeological Conservation of the University of London, London.
- Groysman, Alec,(2010), corrosion for everybody, Spinger, pp 177.
- Karamalla, K.A, Siddig, N.E, and Osman, M.E,(1998), Analytical data for Acacia Senegal gum samples collected between 1993 & 1995 from Sudan, Food Hydrocolloids, 9,pp1- 6.
- Tang. L, Li. X, Li. L, Qu. Q, Mu. G, Liu.G,(2005), The effect of 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol on the corrosion of cold rolled steel in acid media: Part 2: Inhibitive action in 0.5 M sulfuric acid Mater. Chem. Phys, 97, p. 301
- Turgoose, S. Keene, S. ed.(1985), Corrosion Inhibitors in Conservation, UKIC Occasional Paper 4, UK Institute for Conservatio,13-17.