



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

عصاره برگ آکالیفا تورتا به عنوان بازدارنده خوردگی سبز برای فولاد نرم در

محلول هیدروکلریک اسید

چکیده :

عمل بازدارنده عصاره اتانولی برگهای آکالیفا تورتا (Ethanol extract of Acalypha torta Leaves) روی خوردگی فولاد نرم در محلول HCl 1 M بوسیله کاهش وزن ، پلاریزاسیون پتانسیل دینامیکی ، طیف سنجی ایمپدانس الکتروشیمیایی ، اندازه گیری های کرومیاپرومتری و مشاهدات اسکن میکروسکوپ الکترونی مورد بررسی قرار گرفت. جذب سطحی عصاره اتانولی برگهای آکالیفا تورتا (EAL) روی فولاد نرم از ایزوترم جذب لانگمویر پیروی می کند و پارامترهای فعال سازی حاکم بر فرایند جذب محاسبه شده و مورد بحث قرار گرفتند. اندازه گیری های پلاریزاسیون نشان می دهد که EAL به عنوان یک بازدارنده نوع مخلوط (مختلط) عمل می کند. راندمان بازدارندگی بدست آمده از اندازه گیری های کاهش وزن و آزمون های الکتروشیمیایی در توافق خوبی بودند.

مقدمه :

فولاد نرم یکی از آلیاژهای مهم آهن است که دارای کاربردهای متعدد صنعتی و مهندسی بدلیل خواص مکانیکی عالی آن است. کاربردهای مهم آن در اسیدشویی (قطعه شویی بوسیله اسید) ، شستشوی صنعتی، رسوب زدایی اسیدی ، اسیدکاری چاه های نفت و فرآیندهای پتروشیمی هستند. با اینکه فولاد نرم کاربردهای گسترده ای دارد ، اما خیلی زیاد حساس به خوردگی است که به علت ناپایداری ترمودینامیکی آن مخصوصاً در محیط اسیدی می باشد و بنابراین مطالعه پدیده خوردگی فولاد نرم مخصوصاً در محیط اسیدی مهم می شود. در میان اسیدها ، هیدروکلریک اسید (HCl) یکی از پرکاربردترین عواملی است که در صنایع مختلف ، برای حذف فیلم های اکسید نامطلوب و محصولات خوردگی سطح فولاد استفاده می شود. رایج ترین روش موثر و اقتصادی برای جلوگیری از انحلال فلز در یک محیط اسیدی ، استفاده از بازدارنده های خوردگی است.

ترکیبات آلی هتروکسیلی دارای اتم های O ، S و N خواص بازدارندگی خوبی دارند. با این حال ، آنها سمّی و گران هستند و برای محیط زیست ایمن نیستند (سازگار با محیط زیست نیستند). بنابراین تحقیقات به سمت گسترش (استفاده از) مواد موجود طبیعی به عنوان بازدارنده های خوردگی دوستدار محیط زیست متمرکز شده است. عصاره برخی از گیاهان به عنوان بازدارنده های برای فلزات مختلف در محلول اسیدی گزارش شده است. در محلول HCl 1 M ، عصاره های گیاهی حنا ، *Oxandra asbecki* ، *Argemone mexicana* ، *Isertia coccinea* و *Palicourea guianensis* به عنوان بازدارنده های خوردگی برای فولاد آزمایش شده اند. این عصاره های گیاهی ، کم هزینه ، غیر سمّی ، براحتی در دسترس و موادی دوستدار محیط زیست هستند. بنابراین پیدا کردن مواد موجود طبیعی به عنوان بازدارنده های خوردگی یک موضوع دارای اهمیت کاربردی زیاد است.

تحقیقات علمی نشان می دهد که عصاره گیاهان دارویی به طور کلی غنی از فلاونوئیدها ، آلکالوئیدها ، پلی فنولها و دیگر ترکیبات آلی طبیعی بودند که دارای هترواتم هایی مانند N ، O و S در ساختار مولکولی خود هستند. آکالیفا تورتا (*Acalypha torta*) متعلق به خانواده فرفیون (*Euphorbiaceae*) ، دارای خواص دارویی متنوع و برای درمان مالاریا ، روماتیسم ، ناراحتی معده ، آماس پوست و آگزمای کودکان مورد استفاده قرار می گیرد. این خواص دارویی بدلیل وجود ترکیبات آلی طبیعی دارای هترواتمهاست. به خوبی شناخته شده است که خوردگی اسیدی فلزات می تواند بوسیله ترکیباتی که دارای هترواتمها باشند بازدارنده شود (مهار شود). به عنوان یک نتیجه برای کار فعلی ، عصاره اتانولی برگهای آکالیفا تورتا (EAL) به منظور آزمایش پتانسیل آن برای کنترل خوردگی فولاد نرم در محیط HCl 1 M انتخاب شده است. در این تحقیق اثر بازدارنده خوردگی EAL بوسیله تکنیک های کاهش وزن (از دست دادن وزن) ، پلاریزاسیون ، طیف سنجی ایمپدانس الکتروشیمیایی (EIS) ، کرومئومتری و اسکن میکروسکوپ الکترونی (SEM) تایید شده است.

2. روشها و مواد :

1.2. تهیه عصاره گیاهی :

برگهای آکالیفا تورتا به طور کامل شستشو داده شد و خشک شد. 400 گرم تکه خشک شده و ساییده شده از برگهای آکالیفا تورتا در 2 لیتر کلروفرم - متانول (با نسبت 2 به 1) در دمای اتاق برای 72 ساعت خیسانده

شد. حلال سه بار در 72 ساعت در فواصل 24 ساعته تغییر یافت. عصاره از طریق توری و کاغذصافی واتمن (no.1) صاف شد. باقی مانده (تفاله) خشک شد و دوباره عصاره گیری از آن سه بار در 2 لیتر اتانول در دمای اتاق و در فواصل 24 ساعته انجام شد. بعد از صاف کردن ، عصاره صاف شده تبخیر شد و نهایتاً دوغاب قهوه ای غلیظی بدست آمد و خنک شد. محلولهای آزمایش خوردگی بوسیله حل کردن مقدار معینی EAL در محلول HCl 1 M آماده شدند و برای مطالعه خوردگی استفاده شدند.

2.2. تهیه نمونه های فلز :

نمونه فولاد نرم دارای ترکیب C 0.04 % ، Mn 0.35 % ، P 0.022 % ، S 0.036 % و بقیه Fe برای مطالعات کاهش وزن و همچنین مطالعات الکتروشیمیایی مورد استفاده قرار گرفت. قطعه های فولاد نرم با ابعاد 4cm × 2cm × 0.1cm برای اندازه گیری های کاهش وزن مورد استفاده قرار گرفت و با ابعاد 1cm × 1cm (منطقه بدون پوشش) همراه با یک میله به طول 5cm (عایق شده با رزین Araldite) برای آزمایش های الکتروشیمیایی مورد استفاده قرار گرفت. قبل از هر آزمایش نمونه های فولاد نرم به طور مکانیکی با درجه های مختلف کاغذ سمباده (گرید های 220 ، 660 و 1200) ساییده شدند ، با آب مقطر دوبار تقطیر و استون شسته شدند ، در دمای اتاق خشک شدند و در دسیکاتور فاقد رطوبت ذخیره شدند.

3.2. اندازه گیری های کاهش وزن :

کاهش وزن نمونه های فولاد نرم از قبل تمیز شده و خشک شده بوسیله وزن کردن نمونه های فلزی قبل و بعد از غوطه ور شدن در 100 cm³ از HCl 1 M در غیاب و حضور غلظتهای مختلف EAL

در 303 ، 313 ، 323 و 333 کلوین تعیین شدند. آزمایشات در سه تکرار انجام شد و مقدار متوسط گزارش شده است. همه آزمایشات در معرض هوا و شرایط فشار ثابت هوا

انجام شدند. نرخ خوردگی (v_{Corr}) فولاد نرم با استفاده از رابطه زیر تعیین شد :

که v_{Corr} نرخ خوردگی فولاد نرم برحسب ($\text{g.cm}^{-2}.\text{h}^{-1}$) است ، Δm کاهش وزن (حاصل از) خوردگی فولاد نرم برحسب (g) است ، S سطح مقطع نمونه فولاد نرم برحسب (cm^2) است و t زمان مواجهه (زمان

$$\eta_w(\%) = \frac{v_{\text{corr}}^{\circ} - v_{\text{corr}}}{v_{\text{corr}}^{\circ}} \times 100$$

تماس) است. درصد راندمان بازداري (η_w %) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد :

که θ_{Corr} و θ_{Corr} به ترتیب نرخ های خوردگی فولاد نرم در غیاب و حضور EAL هستند.

4.2. اندازه گیری های الکتروشیمیایی :

اندازه گیری های الکتروشیمیایی در یک سلول شیشه ای معمولی با استفاده از آنالیزور الکتروشیمیایی (CHI 660C) انجام شدند. یک قطعه فولاد نرم (سطح مقطع 1cm^2) ، یک الکتروود پلاتین و یک الکتروود کالومل سیر شده به عنوان الکتروودهای کارگر ، کمکی و مرجع استفاده شدند. در مورد اندازه گیری های پلاریزاسیون و طیف سنجی ایمپدانس الکتروشیمیایی (EIS) قبل از هر اندازه گیری یک دوره تثبیت (تعادل سازی) 30 دقیقه ای به منظور برقراری یک حالت ثابت پتانسیل مدار باز (OCP) اجازه داده شد. هر آزمایش در سه تکرار انجام شد و مقادیرهای متوسط پارامترهای خوردگی گزارش شدند.

اندازه گیری های پلاریزاسیون پتانسیل دینامیکی متجاوز از یک پتانسیل ، بطور خودکار از +200 تا -200 میلی ولت در OCP با سرعت اسکن $0.5\text{ mV}\cdot\text{s}^{-1}$ انجام شدند. همه پتانسیل های گزارش شده با مرجع SCE (الکتروود کالومل سیر شده) بودند. پارامترهای سینتیکی خوردگی مانند پتانسیل خوردگی (E_{Corr}) ، دانسیته جریان خوردگی (I_{Corr}) و شیب های تافل کاتدی (β_c) / آندی (β_a) از نرم افزار نصب شده روی دستگاه حاصل شدند. درصد راندمان بازداري (η_T %) از مقادیرهای I_{Corr} با

$$\eta_T(\%) = \frac{I_{\text{Corr}}^{\circ} - I_{\text{Corr}}}{I_{\text{Corr}}^{\circ}} \times 100$$

استفاده از رابطه زیر محاسبه شد :

که I_{Corr} و I_{Corr}° به ترتیب دانسیته های جریان خوردگی بدون و با بازدارنده هستند.

اندازه گیری های EIS در OCP در محدوده فرکانس 1 mHz تا 100 kHz با 5 mV موج سینوسی به عنوان سیگنال تحریک انجام شدند. داده های ایمپدانس با استفاده از نرم افزار ZSimp-Win 3.21 مورد تجزیه و

تحلیل قرار گرفت. راندمان بازداري (η_Z %) از مقادیرهای مقاومت

$$\eta_Z(\%) = \frac{R_{\text{ct}} - R_{\text{ct}}^{\circ}}{R_{\text{ct}}} \times 100$$

انتقال بار (R_{ct}) با استفاده از رابطه زیر ارزیابی شد :

که R_{ct} و R°_{ct} به ترتیب مقاومت های انتقال بار بدون و با EAL هستند.

آزمایش های کروئوآمپرومتری بوسیله پلاریزه کردن الکتروود کارگر به طور آندی در (SCE) -0.41 V برای 600 s انجام شدند.

مورفولوژی سطح نمونه های فولاد نرم بعد از غوطه ور سازی در $\text{HCl } 1\text{ M}$ در غیاب و حضور 1000 ppm از EAL با استفاده از اسکن میکروسکوپ الکترونی آنالیز شد.

3. نتایج و بحث :

1.3. اندازه گیری های کاهش وزن :

کاهش وزن سطح فولاد نرم در $\text{HCl } 1\text{ M}$ در دماهای 303 ، 313 ، 323 و 333 کلوین در غیاب و حضور غلظتهای مختلف EAL تعیین شد. پارامترهای خوردگی بدست آمده در جدول 1 نمایش داده شده اند.

جدول 1. اثر دما روی نرخ خوردگی فولاد نرم در محول $\text{HCl } 1\text{ M}$ در غلظتهای مختلف EAL

C (ppm)	temperature							
	303 K		313 K		323 K		333 K	
	v_{corr} ($\text{mg cm}^{-2} \text{h}^{-1}$)	η_w (%)	v_{corr} ($\text{mg cm}^{-2} \text{h}^{-1}$)	η_w (%)	v_{corr} ($\text{mg cm}^{-2} \text{h}^{-1}$)	η_w (%)	v_{corr} ($\text{mg cm}^{-2} \text{h}^{-1}$)	η_w (%)
blank	4.3		12.16		19.70		31.27	
250	0.99	77	5.47	55	9.46	52	18.76	40
500	0.73	83	4.26	65	7.49	62	15.32	51
750	0.60	86	3.04	75	5.52	72	12.20	61
1000	0.47	89	1.82	85	3.74	81	8.76	72

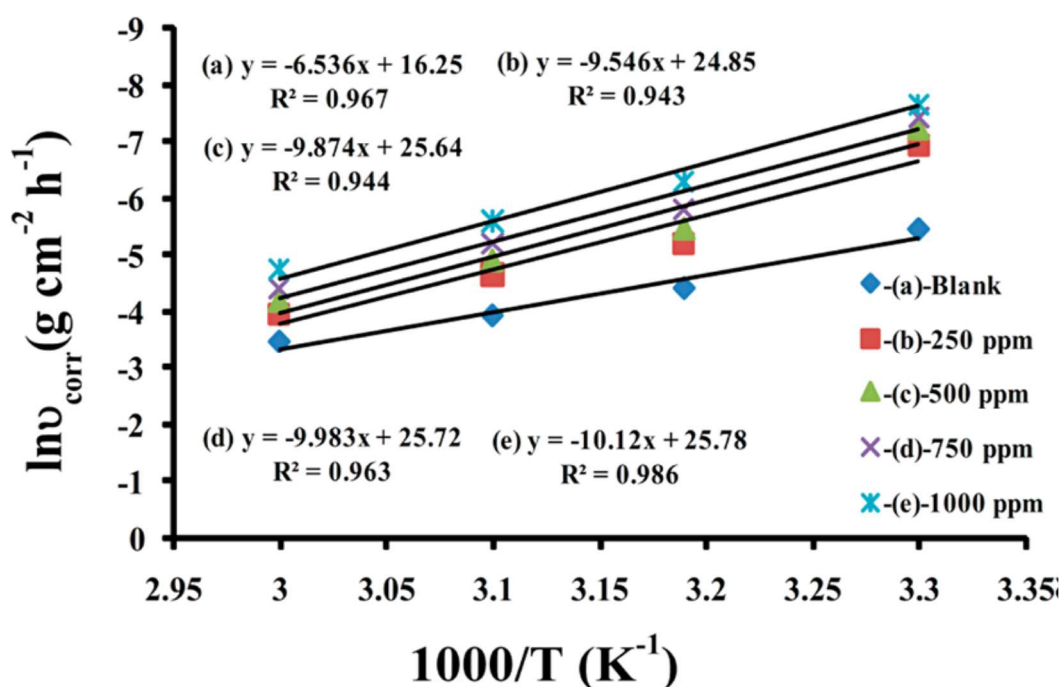
از جدول واضح است که درصد راندمان بازداري با غلظت عصاره (C) افزایش می یابد و با دما کاهش می یابد. کاهش در نرخ خوردگی (v_{corr}) با افزایش در غلظت EAL با توجه به این واقعیت است که پوشش سطح فلز بوسیله جذب سطحی مولکولهای بازدارنده افزایش می یابد. افزایش در نرخ خوردگی با افزایش در دما ممکن است احتمالاً به دلیل افزایش میزان دفع مولکولهای بازدارنده EAL از سطح فولاد نرم در دمای بالاتر باشد.

1.1.3. اثر دما :

دما اثر برجسته تری روی نرخ خوردگی الکتروشیمیایی فلز دارد. در محیط اسیدی، i_{corr} به طور نمایی با افزایش دما افزایش می‌یابد. همچنین کاهش اضافه ولتاژ هیدروژن در دمای بالاتر مشاهده شد. معمولاً واکنشهای خوردگی به عنوان فرآیندهای آرنیوس در نظر گرفته شده و i_{corr} می‌تواند بوسیله رابطه زیر بیان شود:

$$\ln(i_{corr}) = \ln(A) - E_a / RT$$

که i_{corr} نرخ خوردگی است، E_a انرژی فعالسازی آشکار فرآیند خوردگی است، R ثابت گازهاست، T دمای مطلق است و A ضریب پیش‌نمایی آرنیوس است. نمودارهای آرنیوس $\ln i_{corr}$ برحسب $1/T$ برای خوردگی فولاد نرم در 1 M HCl در غیاب و حضور غلظتهای مختلف EAL در شکل 1 ارائه شده و پارامترهای محاسبه شده در جدول 2 آورده شده است.

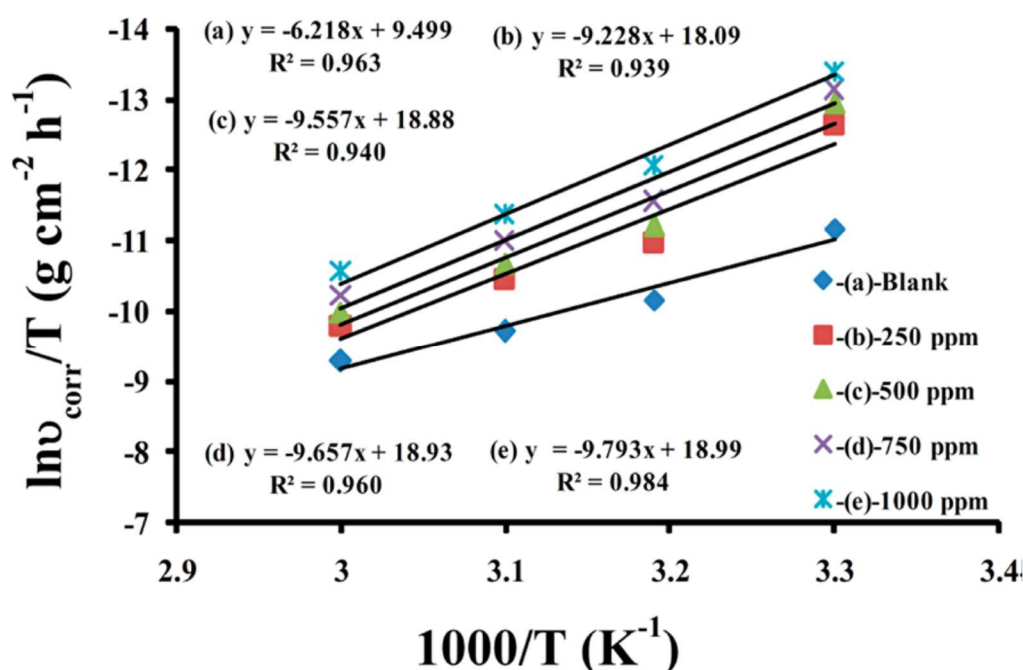


شکل 1. نمودار آرنیوس برای فولاد نرم در 1 M HCl در غیاب و حضور غلظتهای مختلف EAL

جدول 2. پارامترهای فعال سازی فولاد نرم در 1 M HCl در غیاب و حضور غلظتهای مختلف EAL

C_{inh} (ppm)	A ($\text{g cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$)	E_a (kJ mol^{-1})	ΔH^* (kJ mol^{-1})	ΔS^* ($\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)
blank	11.41×10^6	54.34	51.70	-118.57
250	6.198×10^{10}	79.37	76.72	-47.14
500	1.366×10^{11}	82.09	79.46	-40.57
750	1.479×10^{11}	82.99	80.29	-40.16
1000	1.571×10^{11}	84.14	81.42	-39.66

در محلول HCl 1 M ، انرژی فعال سازی در حضور EAL ، در مقایسه با محلول فاقد بازدارنده ، به یک مقدار بزرگتر افزایش می یابد. افزایش در E_a ممکن است به عنوان جذب فیزیکی تفسیر شود. همچنین می توان نتیجه گرفت که همه فرآیند بوسیله واکنش سطح کنترل شده است چون انرژی فعال سازی فرآیند خوردگی در غیاب و حضور EAL بزرگتر از 20 KJ.mol^{-1} است. هردوی مقدارهای عامل فرکانس و E_a برای محلولهای بازدارنده با غلظت بازدارنده افزایش می یابد که این نشان می دهد که اضافه شدن EAL انحلال فلز در HCl 1 M را بوسیله افزایش سد انرژی (بزرگتر شدن قله انرژی) برای واکنش خوردگی به علت جذب سطحی مولکولهای آلی فعال در سطح فلز ، کاهش می دهد.



شکل 2. نمودار انتقال حالت برای فولاد نرم در HCl 1 M در غیاب و حضور غلظتهای مختلف EAL

تغییر در آنتالپی (ΔH^*) و آنتروپی (ΔS^*) فعال سازی بوسیله معادله انتقال حالت داده شده زیر محاسبه شد

$$\ln \frac{v_{\text{corr}}}{T} = \left[\ln \frac{R}{Nh} + \frac{\Delta S^*}{R} \right] - \frac{\Delta H^*}{RT} :$$

که N عدد آووگادرو و h ثابت پلانک است. نمودارهای $\ln v_{\text{corr}}/T$ برحسب $1/T$ در شکل 2 نمایش داده شده

است. خطوط مستقیم با شیب $-\Delta H^*$ بدست آمدند و مقدارهای ΔS^* از عرض از مبدا های محور $\ln v_{\text{corr}}/T$

محاسبه شدند و در جدول 2 داده شده اند.

از جدول آشکار است که پارامترهای فعال سازی (ΔH^* و ΔS^*) واکنش انحلال فولاد نرم در HCl 1 M در حضور EAL نسبت به در غیاب عصاره بزرگتر هستند. علامت مثبت آنتالپی ها ماهیت گرماگیر فرآیند انحلال فولاد نرم را نشان می دهد. درحالیکه مقدارهای بزرگ و منفی آنتروپی فعال در غیاب و حضور EAL حاکی از آن است که مرحله تعیین کننده سرعت برای کمپلکس فعال یک مرحله تجمع است به جای یک مرحله تفکیک ، به این معنی که در طول فرآیند جذب کاهش در بی نظمی در حرکت از واکنش دهنده ها به کمپلکس فعال رخ می دهد. بنابراین نظم و ترتیب افزایش می یابد هنگامی که واکنش دهنده ها به کمپلکس فعال تبدیل شده اند.

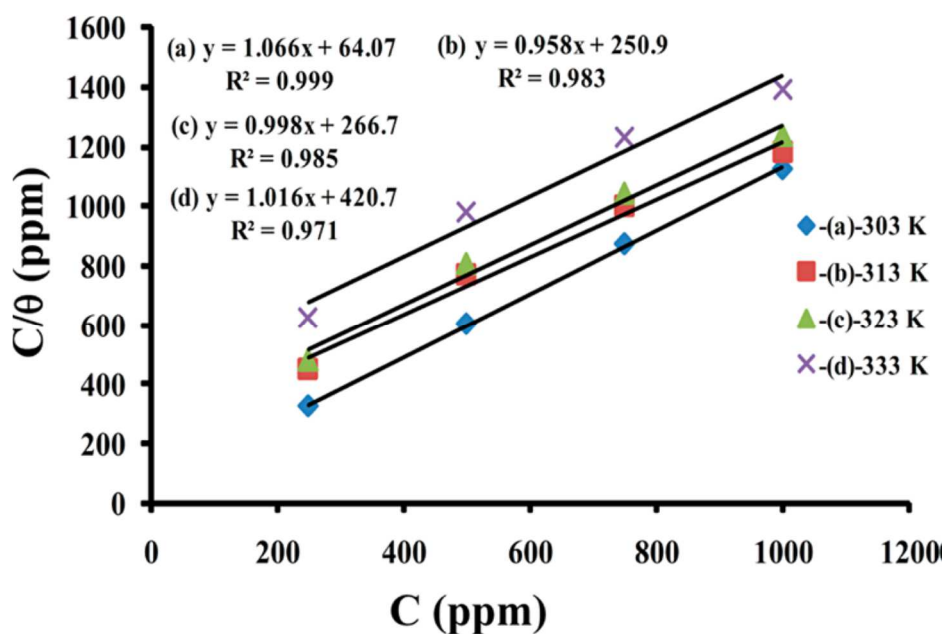
2.1.3. ایزوترم جذب (همدمای جذب) :

ایزوترم های جذب در تعیین مکانیسم واکنش آلی - الکتروشیمیایی خیلی مهم هستند. از این رو به منظور بدست آوردن بیشترین اطلاعات درباره نحوه جذب EAL روی سطح فولاد نرم در HCl 1 M در 303 ، 313 ، 323 و 333 کلوین ، تلاش شد داده های تجربی مناسب با چندین ایزوترم جذب مثل ایزوترم های لانگمویر ،

تمکین ، فروندلیش ، بوکریس - سوینکلس و فلوری - هوگینز ساخته شود. هرچند بهترین تناسب با ایزوترم لانگمویر بدست آمد که در توافق خوبی است با معادله :

$$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{K_{ads}} + C$$

که C غلظت بازدارنده است ، θ درجه پوشش سطح معین شده از $\eta_w(\%)/100$ در غلظتهای متفاوت بازدارنده بدست آمده از اندازه گیری کاهش وزن است و K_{ads} ثابت تعادل فرآیند جذب است. نمودارهای C/θ برحسب C خطوط مستقیمی با شیب های نزدیک به یک بودند و در شکل 3 داده شده اند. پیداست که همه ضریب های رگرسیون خیلی نزدیک به یک هستند که نشان دهنده این است که جذب مولکولهای آلی فعال EAL روی سطح فولاد نرم از ایزوترم جذب لانگمویر پیروی می کند.



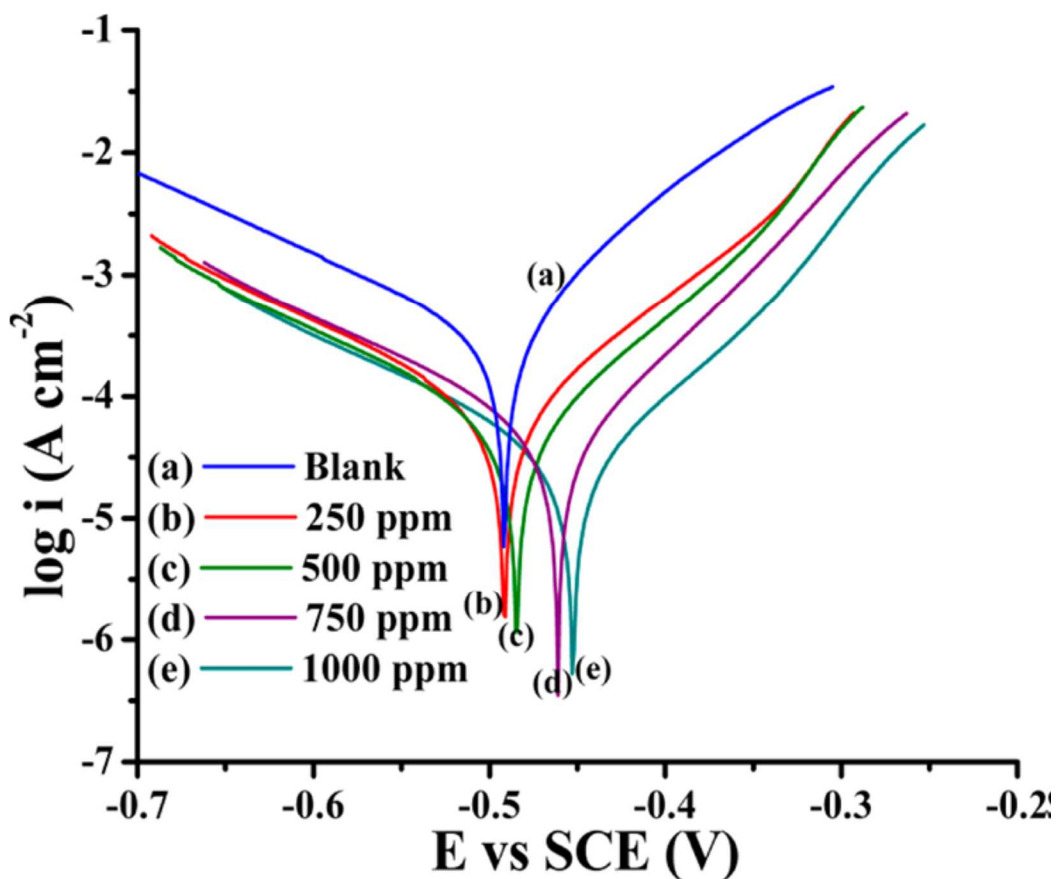
شکل 3. نمودارهای جذب لانگمویر فولاد نرم در محلول HCl 1 M دارای غلظتهای مختلف EAL در دماهای مختلف

ایزوترم جذب لانگمویر براساس این فرض است که تمام مکانهای جذب معادلند و اتصال ذرات بطور مستقل از مکانهای نزدیک به هم اشغال شده یا نشده، رخ می دهد. این نشان دهنده این است که اجزای جذب شده EAL مکانهای جذب معمولی در سطح مشترک فلز/محلول را اشغال می کنند. بحث در مورد رفتار جذب عصاره های گیاهی به عنوان بازدارنده ها برحسب پارامترهای ترمودینامیکی همانند انرژی آزاد استاندارد مقدار جذب امکان پذیر نمی باشد زیرا جرم مولکولی اجزای عصاره شناخته شده نیست. همین محدودیت توسط برخی از نویسندگان ذکر شده است.

2.3. اندازه گیری های الکتروشیمیایی :

1.2.3. اندازه گیری های پلاریزاسیون پتانسیل دینامیکی :

به منظور شناخت سینتیک واکنشهای آندی و کاتدی، آزمایشهای پلاریزاسیون بطور پتانسیل دینامیکی در محلول ساکن HCl 1 M در غیاب و حضور غلظتهای مختلف EAL انجام شدند و منحنی های پلاریزاسیون بدست آمده در شکل 4 نشان داده شده اند. پارامترهای سینتیکی خوردگی بدست آمده از این منحنی ها در جدول 3 ارائه شده است.



شکل 4. منحنی های پلاریزاسیون برای فولاد نرم در HCl 1 M در غیاب و حضور غلظتهای مختلف EAL
 جدول 3. پارامترهای پلاریزاسیون برای فولاد نرم در HCl 1 M در غیاب و حضور غلظتهای

مختلف EAL

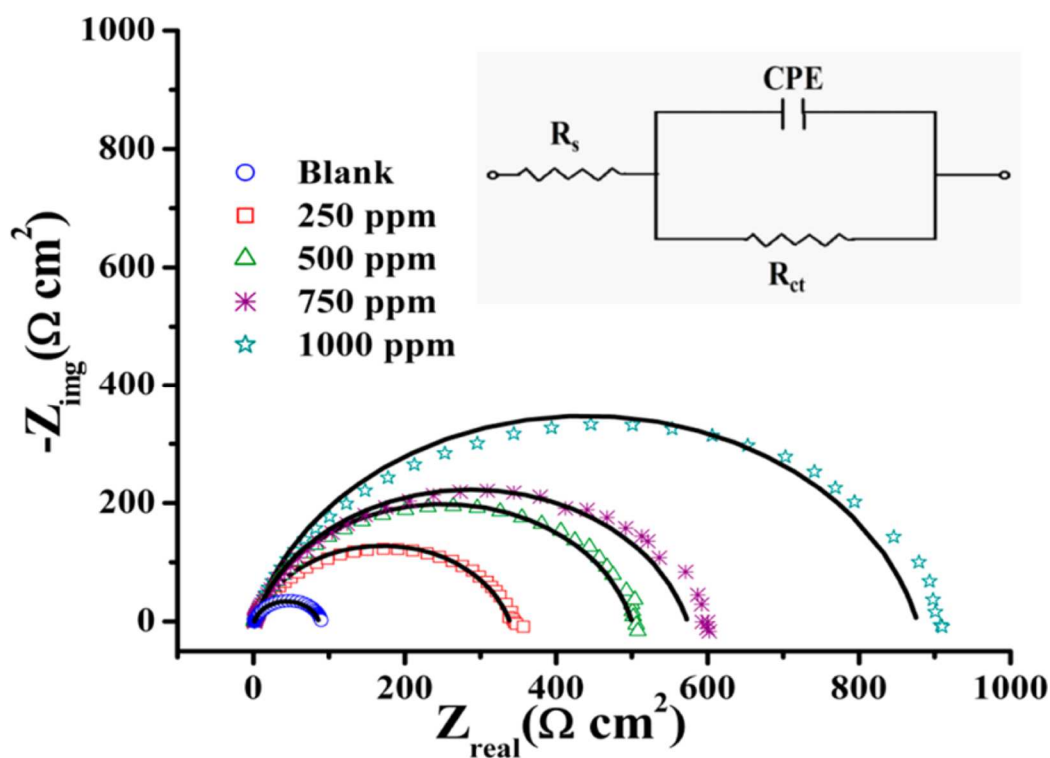
C (ppm)	$-E_{\text{corr}}$ (mV)	β_c (mV dec ⁻¹)	β_a (mV dec ⁻¹)	I_{corr} ($\mu\text{A cm}^{-2}$)	η_T (%)
blank	492	146.39	86.11	362.9	
250	491	142.67	91.34	77.89	79
500	485	147.7	82.62	54.79	85
750	461	143.8	70.58	44.11	87
1000	453	146.2	74.43	29.19	91

بررسی دقیق شکل 4 نشان می دهد که اضافه کردن EAL به HCl 1 M ، هردو قسمت آندی و کاتدی منحنی را تحت تاثیر قرار می دهد. این نشان می دهد که افزودن عصاره به محلول اسید انحلال آندی فلز را کاهش می دهد و همچنین مانع واکنش کاتدی آزاد شدن هیدروژن (HER) می شود. از جدول 3 دیده می شود که دانسیته جریان خوردگی (I_{corr}) بطور قابل توجهی با افزایش در غلظت EAL ، کاهش می یابد و همچنین

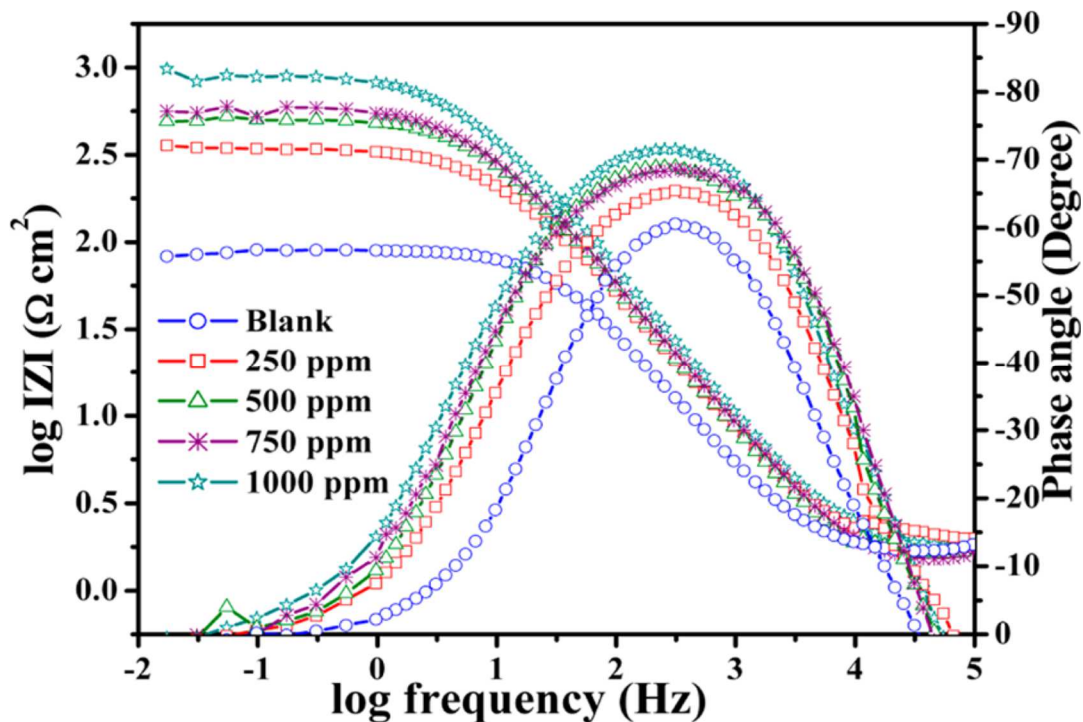
پتانسیل خوردگی (E_{Corr}) فولاد نرم به سمت مقادیر کمتر منفی جابجا می شود که نشان می دهد که EAL به عنوان یک بازدارنده خوردگی خیلی خوب برای فولاد نرم در محلول HCl 1 M رفتار می کند. یک بازدارنده می تواند به عنوان یک نوع کاتدی یا آندی طبقه بندی شود ، هنگامی که تغییر در مقدار E_{Corr} از 85 mV بزرگتر باشد. اما در مطالعه حاضر ، بزرگترین جابجایی انجام شده توسط عصاره 39 mV است که از آن می توان نتیجه گرفت که EAL به عنوان یک بازدارنده نوع مختلط عمل می کند. از سوی دیگر مقدارهای شیب آندی و کاتدی محلول بازدارنده شده با توجه به محلول بازدارنده نشده تغییر کرده است که همچنین تصریح می کند که عصاره ، بازدارنده نوع مختلط است. راندمان حفاظت بدست آمده در ارتباط خوبی با مقادیر اندازه گیری های کاهش وزن هستند.

2.2.3. اندازه گیری های طیف سنجی ایمپدانس الکتروشیمیایی :

طیف سنجی ایمپدانس الکتروشیمیایی (EIS) بطور گسترده ای در بررسی فرآیندهای مهار خوردگی استفاده شده است زیرا بیشترین اطلاعات را در مورد هر دو رفتار خازنی و مقاومتی در سطح مشترک فلز/محلول فراهم می کند. رفتار خوردگی فولاد نرم در محلول HCl 1 M در غیاب و حضور عصاره با استفاده از این تکنیک مورد بررسی قرار گرفت. داده های ایمپدانس به صورت منحنی های نایکوئیست (Nyquist) و بُد (Bode) به ترتیب در شکل های 5 و 6 ارائه شده اند.



شکل 5. منحنی های ناپکوئیست برای فولاد نرم در HCl 1 M در غیاب و حضور غلظت های مختلف EAL



شکل 6. منحنی های بُد برای فولاد نرم در HCl 1 M در غیاب و حضور غلظت های مختلف EAL

مدار معادل الکتروشیمیایی بکار گرفته شده به منظور تجزیه و تحلیل طیف های ایمپدانس در جزئی از شکل 5 نشان داده شده است. R_s نشان دهنده مقاومت محلول ، R_{ct} نشان دهنده مقاومت انتقال بار و CPE نشان دهنده المان (جزء) فاز ثابت توصیف کننده لایه دوگانه مشترک است. ایمپدانس (Z) CPE می تواند به صورت زیر نشان داده شود :

$$Z_{CPE} = Q^{-1}(j\omega)^{-n}$$

که Q ثابت CPE است ، ω فرکانس زاویه ای است ، $j^2 = -1$ عدد فرضی (مقدار موهومی) است و n توان CPE است که جزئیاتی درباره درجه غیر یکنواختی سطح ناشی از زبری سطح ، جذب بازدارنده ، تشکیل لایه متخلخل و غیره می دهد. پارامترهای ایمپدانس استنباط شده از تجزیه و تحلیل طیف های ایمپدانس (شکل 5) در جدول 4 ارائه شده اند.

جدول 4. پارامترهای ایمپدانس الکتروشیمیایی برای خوردگی فولاد نرم در HCl 1 M شامل غلظت های مختلف EAL

C_{inh} (ppm)	R_{ct} (Ω cm^{-2})	Q ($\mu\Omega^{-1} S^n$ cm^{-2})	n	C_{dl} (μF cm^{-2})	η_z (%)
blank	84.7	115.2	0.864	55.59	
250	336.6	92.3	0.829	45.03	74.8
500	498.2	73.2	0.856	41.94	82.9
750	571.0	75.5	0.842	41.85	85.1
1000	874.7	58.8	0.855	35.55	90.3

خازن لایه دوگانه (C_{dl}) می تواند بوسیله رابطه زیر محاسبه شود :

$$C_{dl} = (QR_{ct}^{1-n})^{1/n}$$

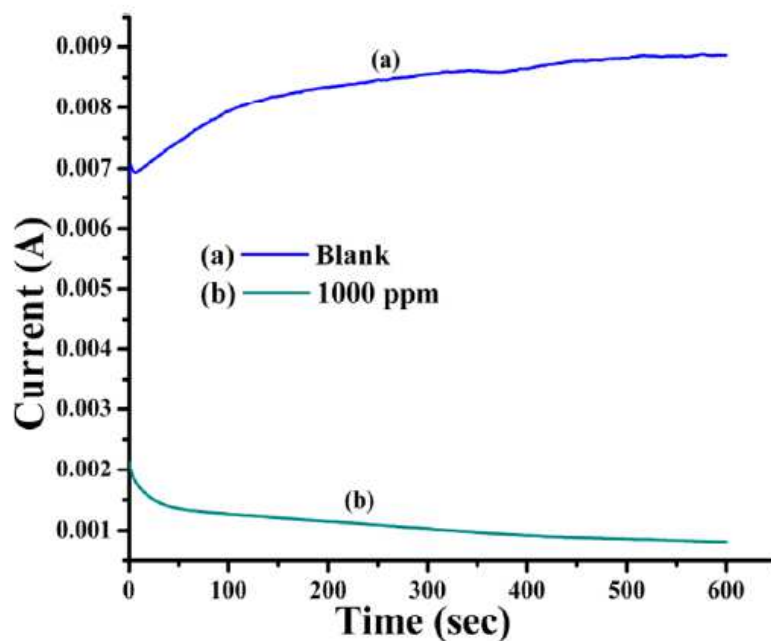
مقادیر C_{dl} محاسبه شده در جدول 4 لیست شده اند. از شکل 5 می توان نتیجه گرفت که در فرکانس بالا یک نیم دایره تکی (بزرگترین نیم دایره) مشاهده می شود. این را می توان منسوب به انتقال بار حاصل از فرآیند خوردگی دانست و همچنین افزایش قطر نیم دایره را حاصل از افزایش یافتن غلظت EAL دانست. از جدول 4 واضح است که حضور EAL در محیط اسیدی منجر به کاهش مقادیر Q و C_{dl} می شود. کاهش در مقادیر Q را می توان به کاهش در ثابت دی الکتریک موضعی و یا افزایش در ضخامت لایه دوگانه الکتریکی نسبت داد. ضمناً افزایش در مقادیر R_{ct} نشان می دهد که مقدار جذب با افزایش غلظت عصاره ، افزایش می یابد و همچنین عصاره جذب شده یک لایه محافظتی روی سطح فولاد نرم تشکیل می دهد که این (لایه) یک مانع به منظور جلوگیری از فرآیندهای انتقال جرم و انتقال بار می شود. با این نتایج راندمان حفاظت افزایش می یابد. از سوی دیگر ، یک ثابت زمانی در نمودار بُد (شکل 6) مشاهده شد. حداکثر زاویه فاز برای سیستم خوردگی ارائه شده بوسیله یک مدار موازی ساده RC باید 90 درجه باشد هنگامی که $R_s = 0$ است. نیم دایره های رو به پایین معمولاً برای یک سطح مشترک الکتروود/محلول بدست آمده اند که بوسیله یک سطح الکتروود زبر شناخته شده اند. خوردگی فولاد نرم در محیط اسیدی ، زبری سطح الکتروود را افزایش می دهد و بنابراین زاویه فاز را کاهش می دهد. اما در شکل 6 زاویه فاز با افزایش غلظت عصاره افزایش می یابد که کاهش در غیریکنواختی سطح را

نشان می دهد. بخاطر همه این عوامل هنگامی که غلظت EAL افزایش می یابد ، راندمان حفاظت نیز افزایش می یابد.

3.2.3. اندازه گیری های کروآمپرومتری :

به منظور بررسی توانایی EAL برای مهار (بازداري) فرآیندهای آندی فولاد نرم ، آزمایشهای کروآمپرومتری بوسیله پلاریزه کردن آندی پتانسیل الکتروود در $0/41\text{ V} -$ (برحسب SCE) برای 600 ثانیه انجام شدند. مقادیر دانسیته جریان بدست آمده در طول الکترواکسیداسیون فولاد نرم در 1 M HCl در غیاب و حضور 1000 ppm EAL یادداشت شدند. منحنی های کروآمپرومتری در شکل 7 رسم شده اند.

با توجه به مقادیر دانسیته جریان در غیاب و حضور 1000 ppm EAL ، راندمان حفاظت حدود 90% محاسبه شد. از این رو ، می توان نتیجه گرفت که عصاره به عنوان یک بازدارنده خوردگی موثر برای فولاد نرم در 1 M HCl عمل می کند.

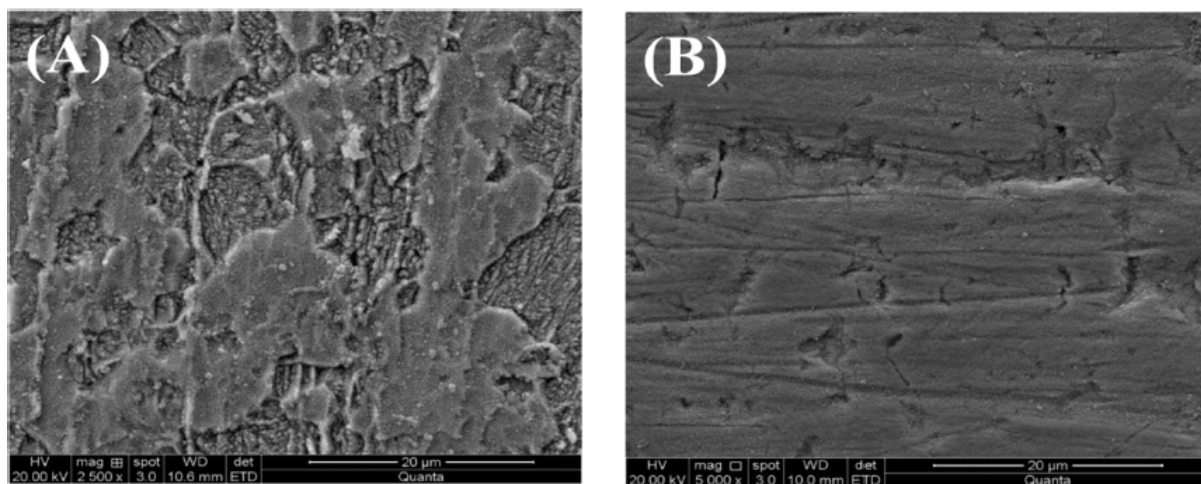


شکل 7. منحنی های کروآمپرومتری برای فولاد نرم در 1 M HCl در غیاب (a) و در حضور (b) 1000 ppm از EAL

3.3. مطالعات مورفولوژیکی سطح :

تصاویر SEM (شکل 8) فولاد نرم غوطه ور شده در محلول 1 M HCl در غیاب و حضور 1000 ppm EAL به منظور نشان دادن برهمکنش عصاره بر سطح فلز ثبت شده اند. از شکل 8A می توان مشاهده کرد که سطح نمونه در غیاب عصاره به شدت آسیب دیده و سطح ، خشن و بسیار متخلخل است. درحالیکه در حضور EAL)

شکل 8B) نمونه در مقایسه با حالتی که سطح در محیط اسیدی به تنهایی غوطه ور شده در شرایط بهتر، داشتن سطح صاف است که این به تشکیل یک لایه محافظ از ترکیبات EAL نسبت داده می شود. این نشان می دهد که EAL از انحلال آهن جلوگیری می کند و از این طریق سرعت خوردگی فولاد نرم در محلول HCl 1 M را کاهش می دهد.



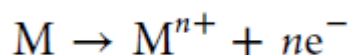
شکل 8. تصاویر SEM فولاد نرم در معرض محلول HCl 1 M در غیاب (A) و حضور (B) EAL 1000 ppm

4.3 مکانیزم بازداری :

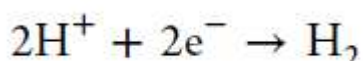
آزمایشات کاهش وزن و الکتروشیمیایی نشان می دهند که خوردگی فولاد نرم در حضور غلظتهای مختلف EAL کند شده است. مولکولهای بازدارنده موجود در عصاره، سطح فولاد نرم را از طریق مکانیزم جذب اشغال می کنند. گونه های آکالیفا حاوی غلظتهای بالایی از پلی فنولها، ترپنوئیدها و استرولهای گیاهی هستند و این ترکیبات آلی حاوی حلقه های بنزن به هم پیوسته و هترواتم های O در حلقه ها هستند. مقادیر پارامترهای ترمودینامیکی نشان می دهند که جذب EAL روی سطح فولاد نرم شامل یک جذب فیزیکی است. ماکرو مولکولهای موجود در عصاره به وسیله برهمکنش های دهنده-گیرنده بین الکترونهای π حلقه های بنزن به هم پیوسته و اوربیتال d اشغال نشده های آهن، روی سطح فولاد نرم به طور الکترواستاتیکی جذب می شوند.

به طور کلی خوردگی به وسیله دو واکنش اتفاق می افتد :

(1) واکنش آندی که به انحلال فلز منجر می شود :



(2) واکنش کاتدی که آزاد شدن هیدروژن در محیط اسیدی را نتیجه می دهد :



برطبق نتایج پلاریزاسیون ، EAL از مکانیزم بازداري مختلط پیروی می کند. بعضی مولکولهای آلی موجود در EAL ممکن است پروتونه شوند و این کاتیون های تشکیل شده ممکن است بطور مستقیم روی مکانهای کاتدی فولاد نرم جذب شوند و واکنش آزاد شدن هیدروژن را کاهش دهند. از سوی دیگر EAL ممکن است روی مکانهای آندی فولاد نرم از طریق الکترونهای π حلقه های آروماتیک و جفت الکترونهای غیر پیوندی هترواتم ها جذب شود و بدین طریق از انحلال آندی فولاد نرم جلوگیری کند. از این رو بر اساس مکانیزم بالا، EAL روی سطح فولاد نرم در محلول HCl 1 M رفتار بازدارندگی مختلط نشان می دهد.

4. نتیجه گیری :

عصاره اتانولی برگ های آکالیفا تورتا به عنوان یک بازدارنده مختلط برای فولاد نرم در HCl 1 M عمل می کند. راندمان حفاظت EAL با غلظت افزایش می یابد و با دما کاهش می یابد. جذب عصاره از ایزوترم جذب لانگمویر پیروی می کند. حضور EAL ، جریان آندی که در آزمایشات CA مشاهده شد را کاهش می دهد و مقادیر درصد راندمان بازداري بدست آمده از اندازه گیری های کاهش وزن با مقادیر بدست آمده از اندازه گیری های الکتروشیمیایی قابل مقایسه است.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی