



بررسی رفتار ضد خوردگی یک سطح فعال کاتیونی دو قلو در مقایسه با نمونه مونومری آن بر روی فولاد نرم در محلول اسید کلریدریک طی زمان غوطه‌وری

محمد مهدویان احدی^۱، علی‌رضا تهرانی‌بغا^۲، شبنم اشهری^۲

۱- استادیار، گروه پژوهشی پوشش‌های سطح و خوردگی، پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

۲- استادیار، گروه پژوهشی رنگ و محیط زیست، پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

۳- کارشناس ارشد، گروه پژوهشی پوشش‌های سطح و خوردگی، پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۷/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۹/۲۳ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۸۹/۳/۲۰

چکیده

خاصیت ضد خوردگی سطح فعال دو قلو کاتیونی (۱۲-۴-۱۲) در مقایسه با نمونه مونومری آن، دودسیل تری متیل آمونیوم بروماید (DTAB)، بر روی فولاد نرم در محلول ۱ مولار اسید کلریدریک به کمک آزمون طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده اثر بازدارندگی خوردگی این دو ترکیب بر روی فولاد نرم در محیط اسیدی است. همچنین مشاهده شد که با افزایش زمان غوطه‌وری نمونه‌ها در محلول‌های آزمون، مقاومت در برابر خوردگی فولاد نرم افزایش یافت و به یک حد ثابت برای سطح فعال دو قلو ۱۲-۴-۱۲ (طی ۲ ساعت) و DTAB (طی ۴ ساعت) رسید. سطح فعال مونومری DTAB در مقایسه با نمونه دو قلو خود ۱۲-۴-۱۲ اثر بازدارندگی خوردگی بهتری داشت که این موضوع احتمالاً به سبب ممانعت فضایی ایجاد شده توسط یک سر آزاد سطح فعال دو قلو است. واژه‌های کلیدی: بازدارندگی خوردگی، فولاد نرم، اسید کلریدریک، سطح فعال کاتیونی، سطح فعال دو قلو، طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی.

Study of Anticorrosive Behavior of a Gemini Cationic Surfactant and Its Monomeric Counterpart on Mild Steel in Hydrochloric Acid During Immersion Time

M. Mahdavian Ahadi¹, A. R. Tehrani-Bagha², S. Ashhari¹

¹ Department of Surface Coating and Corrosion, Institute for Color Science and Technology, P.O.Box: 16765-654, Tehran, Iran

² Department of Environmental Research, Institute for Color Science and Technology, P.O.Box: 16765-654, Tehran, Iran

Abstract

Anticorrosive property of a gemini cationic surfactant (12-4-12) and its monomeric counterpart, dodecyl trimethyl ammonium bromide (DTAB), on mild steel in 1M hydrochloric acid solution was investigated by electrochemical impedance spectroscopy (EIS). The results revealed the corrosion inhibition effect of these two surfactants on mild steel in acidic solution. It was observed that by increasing the immersion time in test solutions, corrosion resistance of mild steel increased, reaching a constant value after 2 h and 4 h immersions for 12-4-12 and DTAB, respectively. The monomeric surfactant, DTAB, had better corrosion inhibition effect compared to 12-4-12. The lower performance of 12-4-12 could be related to steric hindrance of the free head group. *J. Color Sci. Tech.* 4(2010), 1-7 © Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Corrosion inhibition, Mild steel, Hydrochloric acid, Cationic surfactant, Gemini surfactant, Electrochemical impedance spectroscopy.

۱- مقدمه

سطح فعال‌ها، موادی هستند که از یک سر آب دوست و یک سر آب گریز تشکیل شده‌اند و با توجه به طبیعت سر آبدوست به ۴ گروه اصلی کاتیونی، آنیونی، غیر یونی و آمفوتری تقسیم‌بندی می‌شوند [۱،۲]. سطح فعال‌ها دارای قابلیت و خواص مختلفی می‌باشند که یکی از خواص بسیار مهم آنها، خاصیت بازدارندگی خوردگی فلزات مختلف مانند آهن [۳]، مس [۴]، آلومینیوم [۵] در محیط‌های خورنده می‌باشد. مواد فعال سطحی بر پایه نمک‌های چهار ظرفیتی آمین که به عنوان بازدارنده‌های خوردگی شناخته شده‌اند هم به علت قیمت کم و هم به علت اثر بازدارندگی بسیار خوبشان، امروزه در صنایع مختلف جهت حفاظت از خوردگی فلزات به کار می‌روند [۶-۱۰].

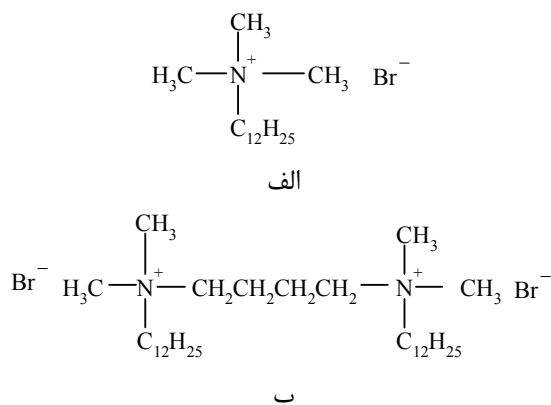
در سال‌های اخیر محققین جهت حفاظت سطوح فلزی در محیط‌های اسیدی تمایل زیادی به استفاده از سطح فعال‌های دو قلو به علت توان بازدارندگی بالایشان نشان داده‌اند. سطح فعال‌های دو قلو به سطح فعال‌هایی گفته می‌شود که دارای دو سر آبدوست و دو سر آبگریز می‌باشند که توسط یک پل ارتباطی^۱ به هم متصل شده‌اند. سطح فعال‌های دو قلو با ساختارهای شیمیایی متفاوت و متنوع سنتز شده‌اند. تحقیقات انجام شده بر روی خواص بازدارندگی خوردگی سطح فعال‌های دو قلو بر پایه نمک‌های چهار ظرفیتی آمونیم نشان داده است که این بازدارنده‌ها اثر بسیار خوبی جهت حفاظت از فولاد در محیط اسیدی دارند [۱۱-۱۷].

دودسیل تری متیل آمونیوم بروماید سطح فعال کاتیونی می‌باشد که دارای خاصیت بازدارندگی از خوردگی فلزات می‌باشد. چندین تحقیق بر روی بررسی اثر این بازدارنده بر روی رفتارهای الکتروشیمیایی فلزات انجام گرفته است [۱۸، ۱۹] ولی تا به حال مقایسه‌ای بین اثر بازدارندگی این ترکیب با دو قلو آن در محیط اسید کلریدریک یک مولار بر روی فولاد نرم صورت نگرفته است. تحقیق حاضر از آن جهت حائز اهمیت است که مقایسه‌ای بین مواد سطح فعال مونومری و دو قلو ارائه می‌دهد. در این تحقیق بررسی عملکرد این ترکیبات با استفاده از روش EIS انجام می‌گیرد که از توانایی بالایی در ارزیابی عملکرد ترکیبات بازدارنده برخوردار است [۲۰، ۲۱] و پیش از این نیز در بررسی بازدارندگی مواد فعال سطحی مورد استفاده قرار گرفته است [۱۵، ۱۷].

۲- بخش تجربی

۱-۲ مواد

اسید کلریدریک از شرکت مرک^۲ و سطح فعال کاتیونی دودسیل تری متیل آمونیوم بروماید (۹۹٪) از شرکت سیگما-آلدریج^۳ تهیه شدند.



شکل ۱: ساختار شیمیایی بازدارنده‌ها (الف) دو دسیل تری متیل آمونیوم بروماید (DTAB) (ب) سطح فعال دو قلو ۱۲-۴-۱۲.

سطح فعال دو قلو کاتیونی ۱۲-۴-۱۲ از واکنش دودسیل آمین با ۱-۴ دی برم بوتان به دست آمد. روش سنتز و خواص فیزیکی شیمیایی این ماده در مقاله قبلی گزارش شده است [۲۲]. ساختار شیمیایی این دو سطح فعال در شکل ۱ نشان داده شده است.

۲-۲ روش کار

ابتدا نمونه‌هایی از فولاد نرم با ضخامت ۲ میلی‌متر در ابعاد ۶×۲ سانتی‌متر برش داده شدند. سپس با استفاده از کاغذ سمباده در مش‌های ۶۰۰ و ۸۰۰ سطح نمونه‌ها آماده‌سازی و با استون چربی‌زدایی شد. تنها یک سطح مربعی به ابعاد ۱×۱ سانتی‌متر مربع از نمونه‌های فلزی جهت تماس با محلول‌های آزمون در نظر گرفته شد و مابقی سطح نمونه با استفاده از مخلوط بیژوکس-کلوفونی^۴ پوشانده شد. به منظور مقایسه و تنظیم نسبت بار به هر مولکول، غلظت مولی ۱۲-۴-۱۲ در نصف غلظت مولی DTAB مورد بررسی قرار گرفت. در این شرایط مقدار گرم ماده موجود در محلول برای هر دو نمونه یکسان می‌باشد. با توجه به اینکه پیدایش ذرات رسوب و عدم حلالیت کامل ۱۲-۴-۱۲ در غلظت‌های بالاتر از ۰٫۵ میلی مولار مشاهده گردید، از این رو غلظت‌های ۱ میلی مولار از DTAB و ۰٫۵ میلی مولار از سطح فعال دو قلو در محلول ۱ مولار اسید کلریدریک تهیه شد. برای تهیه محلول‌ها از آب مقطر استفاده شد.

نمونه‌های آماده‌سازی شده فولاد نرم در محلول‌های تهیه شده غوطه‌ور شدند و در زمان‌های مختلف ۱۵، ۴۵، ۱۰۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ دقیقه آزمون EIS گرفته شد تا زمان رسیدن به تعادل ترمودینامیکی جذب مشخص گردد.

آزمون EIS^۵ به کمک دستگاه^۶ در سیستم سه الکترودی در محدوده فرکانسی ۱۰kHz-10mHz انجام شد. الکتروود مرجع الکتروود

4- Beezwx-COLOPHONY
5- Electrochemical Impedance Spectroscopy
6- Ivium Compactstat

1- Spacer
2- Merck
3- Sigma-aldrich

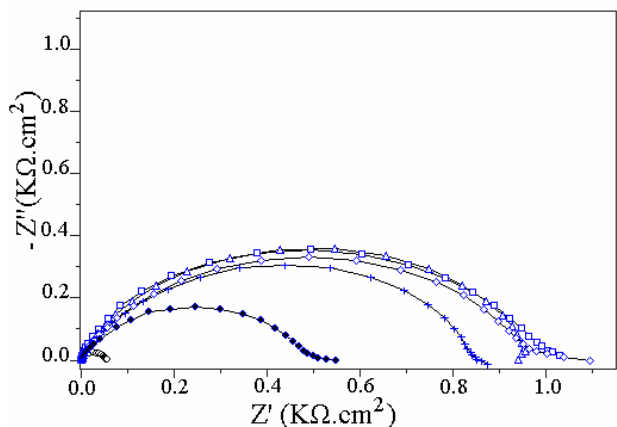
فولاد نرم در محلول اسید کلریدریک دارد. ذکر این نکته ضروری است که مقاومت نمونه فولادی در محلول مرجع طی زمان تغییر محسوسی نداشته است، از این رو جهت مقایسه با محلول‌های دارای بازدارنده اطلاعات مربوط به نمونه مرجع در ۲۴۰ دقیقه گزارش شده است.

نمودار باد و نایکوئیست (شکل ۲) نشان‌دهنده دو ثابت زمانی است بدین معنی که علاوه بر فرآیند مربوط به انتقال بار در لایه مرزی یک فرآیند دیگر مربوط به لایه تشکیل شده از بازدارنده بر رفتار الکتروشیمیایی الکتروود-الکترولیت دخیل است. نمودار باد طی زمان غوطه‌وری نمونه‌ها افزایش امپدانس در فرکانس‌های پایین را نشان می‌دهد که تأیید کننده افزایش مقاومت پلاریزاسیون در حضور DTAB می‌باشد. شکل ۳ نمودارهای نایکوئیست و باد به دست آمده از آزمون EIS بر روی فولاد نرم غوطه‌ور در محلول شامل دوقلوی DTAB را نشان می‌دهد. هر دو نمودار نشانگر وجود یک ثابت زمانی در فرآیند

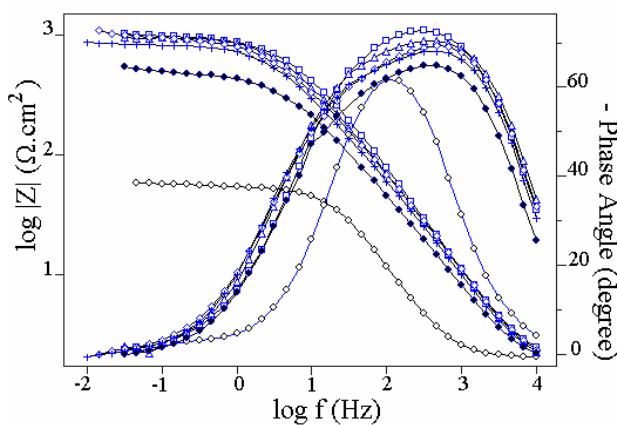
نقره-کلرید نقره و الکتروود کمکی نیز گرافیت بود. در این تحقیق محلول اسید کلریدریک یک مولار عاری از بازدارنده به عنوان محلول مرجع^۱ در نظر گرفته شد.

۳- نتایج و بحث

شکل ۲ نمودارهای نایکوئیست^۲ و باد^۳ به دست آمده از آزمون EIS بر روی فولاد نرم غوطه‌ور در محلول شامل DTAB در زمان‌های غوطه‌وری مختلف را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود با افزایش زمان غوطه‌وری شعاع نیم دایره‌ها که نمادی از مقاومت پلاریزاسیون نمونه‌ها می‌باشد، بیشتر شده است. همچنین از مقایسه نمودارهای مربوط به نمونه‌ای که ۲۴۰ دقیقه در محلول ۱ مولار اسید کلریدریک حاوی بازدارنده و نمونه‌ای که ۲۴۰ دقیقه در محلول مرجع غوطه‌ور بوده می‌توان نتیجه گرفت که DTAB اثر بسیار خوبی در کنترل خوردگی

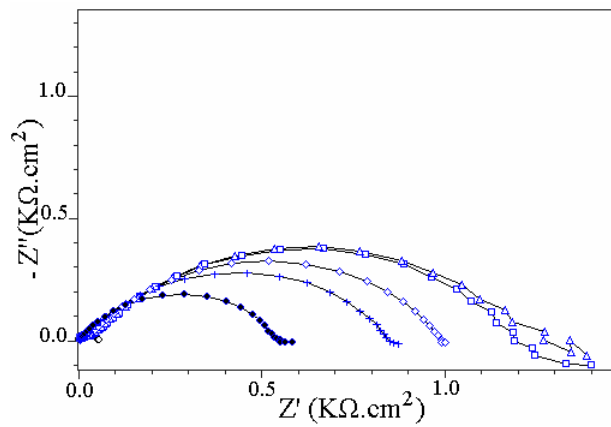


الف

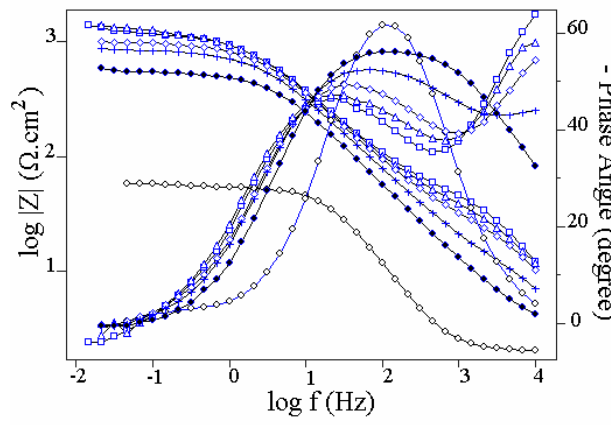


ب

شکل ۳: نمودارهای نایکوئیست (الف) و باد (ب) مربوط به فولاد نرم در محلول اسید کلریدریک ۱ مولار حاوی نیم میلی مولار از سطح فعال دوقلو در زمانهای ۱۵ (◆)، ۴۵ (+)، ۱۰۰ (◇)، ۱۸۰ (Δ) و ۲۴۰ (□) دقیقه غوطه‌وری.



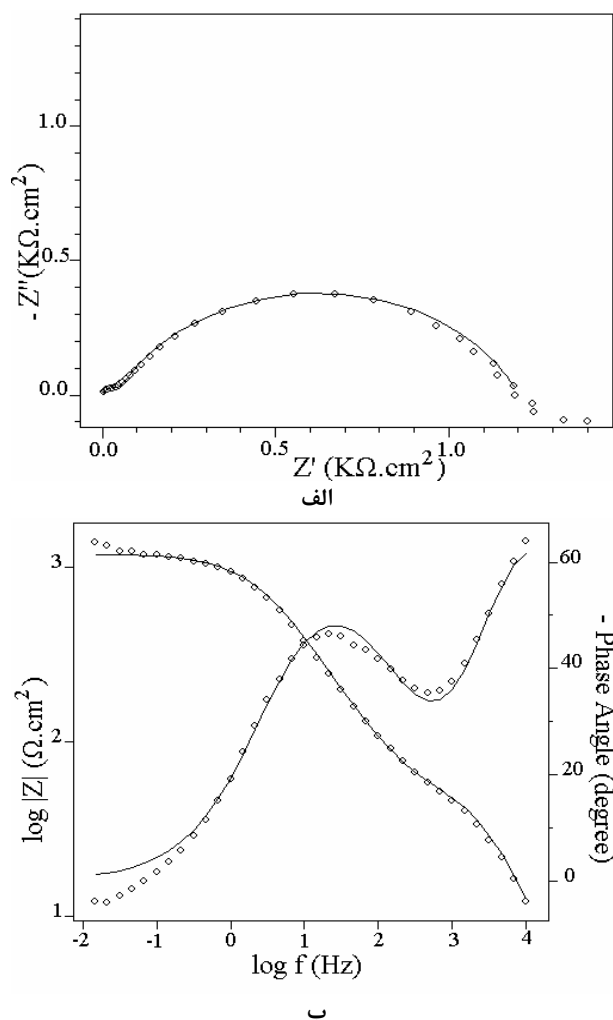
الف



ب

شکل ۲: نمودارهای نایکوئیست (الف) و باد (ب) مربوط به فولاد نرم در محلول اسید کلریدریک ۱ مولار حاوی ۱ میلی مولار از ترکیب DTAB در زمان‌های ۱۵ (◆)، ۴۵ (+)، ۱۰۰ (◇)، ۱۸۰ (Δ) و ۲۴۰ (□) دقیقه غوطه‌وری.

- 1- Blank
- 2- Nyquist
- 3- Bode



شکل ۵: نمودار نایکوئیست (الف) و باد (ب) برازش شده مربوط به نمونه‌ای که در محلول اسید کلریدریک حاوی DTAB به مدت ۴۵ دقیقه غوطه‌ور شده است.

میانی نیست، از این رو تنها یک ثابت زمانی را نشان می‌دهد. در مورد سطح فعال دوقلو احتمال تشکیل فاز میانی با ثابت زمانی نزدیک به فرآیند انتقال بار در فصل مشترک فلز-الکترولیت نیز وجود دارد که در چنین حالتی نیز تنها یک ثابت زمانی در نمودارها تشخیص داده می‌شود.

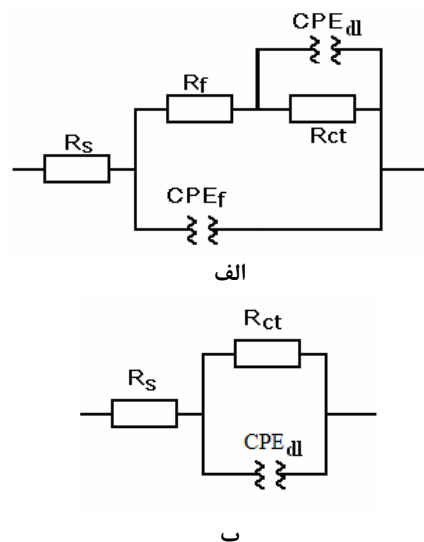
المان CPE خود دارای دو پارامتر n و Y_0 می‌باشد که به ترتیب نمایانگر میزان ناهمگونی لایه دوگانه یا انحراف از خازن ایده‌آل و هدایت الکتریکی المان CPE است. این دو پارامتر همراه با مقاومت انتقال بار برای نمونه‌ها در زمان‌های غوطه‌وری مختلف محاسبه شده است و نتایج در جدول ۱ آورده شده است.

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود مقادیر مقاومت انتقال بار مربوط به نمونه‌هایی از فولاد نرم که در محلول‌های حاوی بازدارنده غوطه‌ور شده‌اند با افزایش زمان غوطه‌وری افزایش می‌یابد که این به علت افزایش مقادیر جذب شده بازدارنده‌ها بر روی سطح فولاد نرم

الکتروشیمیایی الکتروود-الکترولیت است که مربوط به انتقال بار و لایه دوگانه الکتریکی است. مشابه آنچه در ارتباط با DTAB مشاهده شد، با افزایش زمان غوطه‌وری نمونه‌های فولادی در محلول حاوی سطح فعال دوقلو ۱۲-۴-۱۲، افزایش امپدانس در فرکانس‌های پایین مشاهده می‌شود که حاکی از افزایش جذب، طی زمان غوطه‌وری است.

آزمون پاسخ‌های فرکانس نمونه‌ها به کمک نرم‌افزار ایویوم^۱ و با برازش نقاط توسط مدارهای معادل الکتریکی که در شکل ۴ نشان داده شده‌اند انجام گرفت که مدار الف برای نمودارهای مربوط به ترکیب DTAB در زمان‌های ۴۵ تا ۲۴۰ دقیقه و مدار ب برای نمودارهای مربوط به ترکیب دوقلو در تمامی زمان‌ها و برای DTAB در زمان ۱۵ دقیقه مورد استفاده قرار گرفتند. در شکل ۴، R_s مقاومت محلول، R_f مقاومت فیلم بازدارنده، CPE_f المان ثابت فازی فیلم بازدارنده، R_{ct} مقاومت انتقال بار و CPE_{dl} المان ثابت فازی لایه دوگانه الکتریکی است. شمایی از نمودارهای برازش شده جهت نمایش نحوه برازش در شکل ۵ نشان داده شده است.

مدارهای الکتریکی معادل جهت برازش نقاط برای دو محلول حاوی سطح فعال DTAB و ۱۲-۴-۱۲ متفاوت می‌باشد زیرا سطح فعال DTAB در زمان‌های ابتدایی غوطه‌وری بر روی مناطق فعال سطح مشترک^۲ الکتروود-الکترولیت جذب می‌شود و با گذشت زمان که میزان جذب نیز بیشتر می‌شود تشکیل یک فاز میانی^۳ بر روی سطح فلز می‌دهد و مانند فیلمی بر روی سطح فلز قرار می‌گیرد و در نتیجه ایجاد دو ثابت زمانی می‌نماید. در صورتی که بازدارنده دوقلو تنها جذب مناطق فعال روی سطح مشترک می‌شود و قادر به تشکیل فاز



شکل ۴: مدار الکتریکی معادل سیستم‌های الکتروود الکترولیت با (الف) دو ثابت زمانی (ب) یک ثابت زمانی.

- 1- Ivium Equivalent Circuit Evaluator
- 2- Interface
- 3- Interphase

جدول ۱: پارامترهای الکتروشیمیایی به دست آمده از برازش نقاط نتایج آزمون EIS بر روی فولاد نرم در اسیدکلریدریک ۱ مولار در غیاب و حضور DTAB (غلظت ۱mM) و سطح فعال دوقلو (غلظت ۰.۵ mM).

نوع نمونه	زمان غوطه‌وری (دقیقه)	R_{ct} ($\Omega.cm^2$)	$Y_{0,dl}$ ($\mu.s^n.\Omega^{-1}.cm^{-2}$)	n_{dl}	R_f ($\Omega.cm^2$)	$Y_{0,f}$ ($\mu.s^n.\Omega^{-1}.cm^{-2}$)	n_f
BLANK	۲۴۰	۵۴,۴۶	۱۰۸,۷	۰,۹۳	-	-	-
	۱۵	۵۴۴,۸	۵,۲۳	۰,۷۲	-	-	-
DTAB	۴۵	۸۵۰	۳,۲۲	۰,۷۲	۲۰	۱,۷	۰,۹۱
	۱۰۰	۹۵۰	۳,۱۶	۰,۷۱	۲۷	۱,۳	۰,۹۱
	۱۸۰	۱۲۰۰	۳,۰۳	۰,۶۹	۴۱	۱,۳	۰,۹
	۲۴۰	۱۲۰۲	۲,۵۹	۰,۶۹	۴۰	۱,۰	۰,۹
	۱۵	۴۸۷	۱۲,۲۳	۰,۸	-	-	-
12-4-12	۴۵	۸۵۳	۹,۸۹	۰,۸	-	-	-
	۱۰۰	۹۴۵	۶,۷۰	۰,۸	-	-	-
	۱۸۰	۹۷۶	۶,۶	۰,۸	-	-	-
	۲۴۰	۹۹۳	۶,۶	۰,۸	-	-	-
	۱۵	۴۸۷	۱۲,۲۳	۰,۸	-	-	-

سانتی‌متر مربع بوده که این مقادیر قابلیت سطح فعال‌های DTAB و ۱۲-۴-۱۲ در کاهش میزان خوردگی فولاد نرم در محیط اسیدی را تأیید می‌کنند. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که علت کمتر بودن اثر بازدارندگی سطح فعال دو قلو نسبت به سطح فعال DTAB می‌تواند حضور دو اتم نیتروژن دارای بار مثبت در ساختار این ترکیب باشد که با نیروی دافعه‌ای که ایجاد می‌کنند مانع جذب مناسب بازدارنده بر روی سطح فولاد می‌شوند. مقادیر میزان پوشیدگی سطح (θ_R) با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$\theta_R = 1 - (R_p)_{blank} / (R_p)_{Inh} \quad (1)$$

در رابطه ۱، $(R_p)_{Inh}$ و $(R_p)_{blank}$ به ترتیب نشان دهنده مقادیر مقاومت پلاریزاسیون در حضور و غیاب بازدارنده می‌باشند. نتایج به دست آمده از رابطه ۱ در شکل ۶ نشان داده شده‌اند.

شکل ۶ نشان‌دهنده افزایش میزان پوشیدگی سطح با افزایش زمان غوطه‌وری است، به گونه‌ای که روند افزایش θ_R در زمان‌های ابتدایی غوطه‌وری به شدت صعودی است. جذب شدید بازدارنده‌ها در دقایق ابتدایی به وجود مناطق جذبی فراوان بر روی سطح مربوط می‌شود به گونه‌ای که بازدارنده‌ها سطح وسیعی را می‌پوشانند و تنها مناطق جذبی کوچکی بر روی سطح باقی می‌ماند. در زمان‌های غوطه‌وری طولانی‌تر بازدارنده‌ها این مناطق محدود را نیز به تدریج اشغال می‌کنند تا تعادل ترمودینامیک پتانسیل شیمیایی بازدارنده‌ها

با افزایش زمان غوطه‌وری می‌باشد که می‌تواند به تشکیل لایه‌ای بر روی سطح منجر شود. مقادیر مقاومت انتقال بار در حضور سطح فعال DTAB بیشتر از مقادیر مقاومت انتقال بار در حضور سطح فعال دوقلو ۱۲-۴-۱۲ می‌باشد که احتمالاً این پدیده می‌تواند به علت دافعه بین بارهای مثبت موجود بر روی ساختار سطح فعال دوقلو ۱۲-۴-۱۲ باشد. ضمناً احتمال ایجاد دافعه بین زنجیرهای آبگریز موجود بر روی ساختار بازدارنده دوقلوی DTAB نیز وجود دارد. وجود دافعه بین دو سر آب دوست ماده سطح فعال دوقلو پیشتر در برخی مقالات جهت توجیه نحوه آرایش مولکول‌ها در غلظت‌های بالای ماده سطح فعال بر روی سطح مورد توجه قرار گرفته است [۱۱-۱۳].

مقادیر Y_0 در حضور مواد سطح فعال با گذشت زمان کاهش می‌یابد که مؤید جایگزین شدن مولکول مواد سطح فعال با مولکول‌های آب می‌باشد. همچنین کاهش Y_0 می‌تواند به افزایش ضخامت لایه دو گانه الکتریکی مربوط باشد چرا که حضور مولکول‌های بلند ماده سطح فعال می‌تواند به صورت مؤثر لایه دوگانه الکتریکی را ضخیم نماید. n که نمادی از میزان ناهمگون بودن سطح می‌باشد با افزایش زمان غوطه‌وری کاهش می‌یابد بدین معنی که سطح فولاد با گذشت زمان ناهمگن‌تر می‌شود.

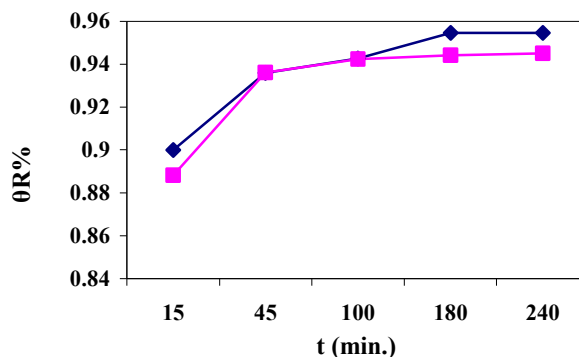
در مورد نمونه‌هایی که به مدت ۲۴۰ دقیقه در محلول‌های حاوی سطح فعال DTAB، دوقلو و محلول مرجع غوطه‌ور بوده‌اند نیز مقادیر مقاومت پلاریزاسیون، R_p که مجموع مقاومت فیلم بازدارنده R_f و مقاومت انتقال بار R_{ct} می‌باشد، به ترتیب ۱۲۴۲، ۹۹۳ و ۵۴ اهم

آزمایش در غلظت یونی یکسان از دو سطح فعال انجام شده است و با توجه به جذب بالاتر DTAB نسبت به سطح فعال دو قلووی متناظر خود، می‌توان نتیجه گرفت که با وجود دو سر جذب شونده بر روی سطح و دو زنجیره آب‌گریز در مولکول سطح فعال دو قلووی توان بازدارندگی این ترکیب از آنچه انتظار می‌رود پایین‌تر است. علت این پدیده می‌تواند در محدود شدن چرخش مولکول به واسطه جذب یک سر آب دوست بر روی سطح باشد چرا که باعث می‌شود سر آبدوست دیگر در محلول باقی بماند و بر روی سطحی که جذب صورت نگرفته است خوردگی با سرعت بالا پیش رود. همچنین به واسطه حجیم‌تر بودن مولکول سطح فعال دو قلووی و فرم هندسی منحصر به فردش، یافتن محل مناسب برای جذب متناسب با شکل هندسی و حجم مولکولی آن به مراتب دشوارتر می‌نماید. چنین محدودیت‌هایی در مورد DTAB وجود ندارد و با پیدا شدن منفذ مناسب برای جذب، جذب سطحی اتفاق می‌افتد. شکل ۷ نمایی از نحوه جذب شدن مولکولی DTAB و سطح فعال دو قلووی متناظرش را بر روی سطح نشان می‌دهد.

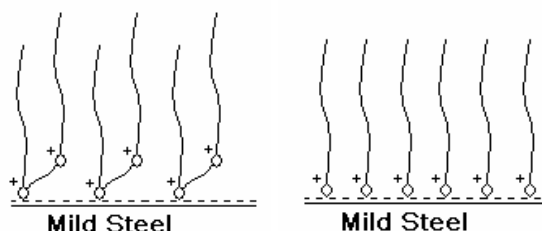
۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نمودارهای به دست آمده از انجام آزمون طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی می‌توان نتیجه گرفت که هر دو سطح فعال کاتیونی مونومری و دو قلووی دارای اثر بازدارندگی خوردگی بسیار خوبی در محیط اسیدی بر روی فولاد نرم می‌باشند. با افزایش زمان غوطه‌وری به علت افزایش میزان جذب این بازدارنده‌ها بر روی سطح فولاد میزان بازدارندگی خوردگی آنها نیز افزایش می‌یابد. بازدارندگی خوردگی DTAB بیشتر از بازدارندگی خوردگی دو قلووی ۱۲-۴-۱۲ می‌باشد که می‌تواند به دلیل دافعه الکترواستاتیک که بین گروه‌های با شارژ مثبت دو قلووی ۱۲-۴-۱۲ و دافعه فضایی بین زنجیره‌های آب‌گریز موجود بر روی ساختار سطح فعال دو قلووی صورت گرفته باشد.

1- Level off



شکل ۶: مقادیر مربوط به θ_R دو بازدارنده DTAB (◆) و ۱۲-۴-۱۲ (■).



شکل ۷: نحوه جذب سطح فعال DTAB (الف) و دو قلو (ب) بر روی سطح فولاد نرم.

در محلول و سطح فلز برقرار گردد. به نظر می‌رسد جذب کامل DTAB بر روی سطح در زمان‌های طولانی‌تر نسبت به دو قلووی خودش اتفاق می‌افتد چرا که همتراز شدن^۱ نمودار در مورد DTAB در زمان ۱۸۰ دقیقه اتفاق می‌افتد حال آنکه در مورد سطح فعال دو قلووی، همترازی در زمان ۴۵ دقیقه مشاهده می‌شود. دلیل این امر می‌تواند چگالی شارژ بالاتر سر آبدوست سطح فعال دو قلووی در مقایسه با نمونه مونومری آن باشد [۲۲].

با توجه به اینکه غلظت مولی DTAB (۱ میلی مولار) دو برابر غلظت مولی ۱۲-۴-۱۲ (۰٫۵ میلی مولار) بوده است به عبارتی

۵- مراجع

1. M. I. Rosen, Surfactants and Interfacial Phenomena, 2nd Ed., Wiley, New York. 1989.
2. Th. F. Tadros, Surfactants, Academic Press, New York. 1984.
3. X. Li, S. Deng, H. Fu, G. Muc, Inhibition effect of 6-benzylaminopurine on the corrosion of cold rolled steel in H₂SO₄ solution. *Corros. Sci.* 51(2009), 620-634.
4. H. Tavakoli, T. Shahrabi, M. G. Hosseini, Synergistic effect on corrosion inhibition of copper by sodium dodecylbenzenesulphonate (SDBS) and 2-mercapto-benzoxazole. *Mater. Chem. Phys.* 109(2008), 281-286.
5. V. Branzoi, F. Golgovici, F. Branzoi, Aluminium corrosion in hydrochloric acid solutions and the effect of some organic inhibitors. *Mater. Chem. Phys.* 78(2002), 122-131.
6. M. M. Osman, A. M. A. Omar, A. M. Al-Sabagh, Corrosion inhibition of benzyl triethanol ammonium chloride and its ethoxylate on steel in sulphuric acid solution. *Mater. Chem. Phys.* 50(1997), 271-274.
7. M. M. Saleh, A. A. Atia, Effects of structure of the ionic head of cationic surfactant on its inhibition of acid corrosion of mild steel. *J. Appl. Electrochem.* 36(2006), 899-905.
8. L. Niu, H. Zhang, F. Wei, S. Wu, X. Cao, P. Liu, Corrosion

- inhibition of iron in acidic solutions by alkyl quaternary ammonium halides: Correlation between inhibition efficiency and molecular structure. *Appl. Surf. Sci.* 252(2005), 1634-1642.
9. S. Mohanan, S. Maruthamuthu, N. Kalaiselvi, Role of quaternary ammonium compounds and ATMP on biocidal effect and corrosion inhibition of mild steel and copper. *Corros. Rev.* 23(2005), 425-444.
 10. D. P. Schweinsberg, V. Ashworth, Inhibition of the corrosion of pure iron in 0.5 M sulphuric acid by n-alkyl quaternary ammonium iodides. *Corros. Sci.* 28(1988), 539-545.
 11. L-G. Qiu, A-J. Xie, Y-H. Shen, The adsorption and corrosion inhibition of some cationic gemini surfactants on carbon steel surface in hydrochloric acid. *Corros. Sci.* 47(2005), 273-278.
 12. L-G. Qiu, A-J. Xie, Y-H. Shen, Understanding the effect of the spacer length on adsorption of gemini surfactants onto steel surface in acid medium. *Appl. Surf. Sci.* 246(2005), 1-5.
 13. L-G. Qiu, A-J. Xie, Y-H. Shen, A novel triazole-based cationic gemini surfactant: Synthesis and effect on corrosion inhibition of carbon steel in hydrochloric acid. *Mater. Chem. Phys.* 91(2005), 269- 273.
 14. L-G. Qiu, Y Wu. Corrosion inhibition of steel in acidic medium by cationic gemini surfactants. In: E.L. Bettini (Ed.), *Progress in Corrosion Research*, Nova Science Publishers Inc., New York. 2007.
 15. V. Sharma, M. Borse, S. Jauhari, New hydroxylated cationic gemini surfactants as effective corrosion inhibitors for mild steel in hydrochloric acid medium. *Tenside Surfact. Det.* 42(2005), 163-167.
 16. M. El Achouri, S. Kertit, H. M. Gouytaya, B. Nciri, Y. Bensouda, L. Perez, Corrosion inhibition of iron in 1M HCl by some gemini surfactants in the series of alkanediyl-a,x-bis-(dimethyltetradecyl ammonium bromide). *Prog. Org. Coat.* 43(2001), 267-273.
 17. M. El Achouri, M. R. Infante, F. Izquierdo, Synthesis of some cationic gemini surfactants and their inhibitive effect on iron corrosion in hydrochloric acid medium. *Corros. Sci.* 43(2001), 19-35.
 18. D. Asefi, M. Arami, A. A. Sarabi, N. M. Mahmoodi, The chain length influence of cationic surfactant and role of nonionic co-surfactants on controlling the corrosion rate of steel in acidic media. *Corros. Sci.* 51(2009), 1817-1821.
 19. E. Khamis, H. A. Al-Loheadan, A. Al-Mayouf, Z. A. Issa, Adsorption effect of cationic surfactants on corrosion inhibition of steel. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik.* 28(1997), 46-50.
 20. M. Mahdavian, M. M. Attar, Electrochemical behaviour of some transition metal acetylacetonate complexes as corrosion inhibitors for mild steel. *Corros. Sci.* 51(2009), 409-414.
 21. R. Naderi, M. Mahdavian, M. M. Attar, Electrochemical behavior of organic and inorganic complexes of Zn(II) as corrosion inhibitors for mild steel: Solution phase study. *Electrochim. Acta.* 54(2009), 6892-6895.
 22. A. R. Tehrani Bagha, H. Bahrami, B. Movassagh, S. H. Amirshahi, M. Arami, F. M. Menger, Dynamic adsorption of gemini and conventional cationic surfactants onto polyacrylonitrile. *Colloid Surf. A.* 307(2007), 121-27.