

تأثیر افزودن اتانول به بنزین بر رفتار خوردگی قطعات سامانه سوخت رسانی خودرو

برات قبادیان

عضو هیأت علمی - دانشگاه تربیت مدرس
Bghobadian2004@yahoo.com

هادی رحیمی

کارشناس ارشد مکانیک - مگاموتور
h.rahimi@megamotor.ir

حسن جعفری

دانشجوی دکتری خوردگی
jafari_h@yahoo.com

امید شاکری

کارشناس ارشد - شرکت بهینه سازی مصرف سوخت

امید جلالی

کارشناس ارشد - شرکت بهینه سازی مصرف سوخت

چکیده

در این تحقیق تأثیر اتانول افزودنی بر رفتار خوردگی فلزات یک سیستم سوخت‌رسانی خودرو مورد بررسی قرار گرفته است. آزمایش‌های خوردگی در محیط بنزین محتوی درصد‌های مختلف اتانول، با روش کاهش وزن و همچنین روش اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) انجام گرفت. سطح نمونه‌های مورد آزمایش پس از 144 روز غوطه‌وری در محلول‌های آزمایش، با میکروسکوپ الکترونی مورد بررسی قرار گرفت. محصولات خوردگی نیز به روش EDX آنالیز شد. تأثیر آب نی‌ز با افزودن مقدار ثابت 1٪ به تمامی محلول‌های مورد آزمایش، به روش EIS تحت بررسی قرار گرفت. نتایج بطور هماهنگ بیانگر افزایش میزان خوردگی فلزات سیستم سوخت‌رسانی با افزایش درصد اتانول و همچنین آب در بنزین است. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که در بین آلیاژهای سیستم سوخت‌رسانی، آلیاژ لحیم سخت و آلیاژ آلومینیوم، کمتر دچار خوردگی شده‌اند. همچنین کلر و گوگرد از عناصر اصلی اکثر محصولات خوردگی شناسایی شد که این موضوع، کنترل این دو عنصر را در سیستم سوخت‌رسانی ضروری می‌سازد.

کلمات کلیدی: اتانول، بنزین، سیستم سوخت‌رسانی، امپدانس الکتروشیمیایی

مقدمه

افزودن اتانول به بنزین در اواخر دهه ۱۹۷۰ در آمریکا برای اولین بار صورت گرفت؛ بطوریکه در اواخر دهه ۱۹۸۰ میزان تولید بنزین حاوی اتانول در آمریکا به بیش از ۲ بیلیون گالن در سال افزایش یافت [۱]. این ترکیب موجب افزایش عدد اکتان سوخت به میزان ۱۲/۵ عدد می‌گردد که از نقطه نظر اقتصادی بسیار مورد توجه است. وجود اتانول در بنزین باعث انجام احتراقی کامل در موتور می‌شود که نتیجه آن، کاهش نشر منواکسید کربن و نیدروکربن‌ها در محیط است [۱-۴]. لذا در حال حاضر اتانول بطور گسترده در سوخت، مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱]. اتانول در مقایسه با دیگر ترکیبات اکسیژن‌دار، به علت میزان اکسیژن بیشتر و حجم کمتر مورد نیاز جهت افزودن به بنزین، بیشتر مورد توجه است. این توجه در سال‌های اخیر بیشتر هم شده است. اکنون اتانول در کشورهای مختلف دنیا به عنوان سوخت خودروهای دارای موتور درونسوز جرقه‌ای، بصورت مخلوط با بنزین از ۵٪ تا ۱۰٪ مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳-۵).

اتانول دارای عدد اکتان بالا است. موتور مورد نظر با استفاده از سوخت حاوی اتانول با حساسیت کم در برابر کوبش و با نسبت تراکم بالا، باعث افزایش راندمان موتور می‌گردد [۳و۲]. این ترکیب می‌تواند باعث افزایش مقاومت به کوبش شده و می‌تواند جایگزین سوخت‌های گران‌قیمت با عدد اکتان بالا گردد. در سوخت‌های بنزین، عدد اکتان با افزودن ۵٪،

۷/۷٪ و ۱۰٪ اتانول به ترتیب به میزان ۱/۵-۱، ۲/۵-۱ و ۳-۲ برابر افزایش می‌یابد. با مصرف اتانول خالص، نسبت تراکم به بیش از ۱۴-۱۳ حاوی ۸۵٪ اتانول، این مقدار ۱۲-۱۲/۵ می‌باشد [۱]. وقتی که نشر آلاینده‌های محیطی مطرح می‌گردد، درصد بالای اکسیژن در اتانول نقش مثبتی دارد. با ورود اکسیژن به ترکیب سوخت، احتراق کامل گردیده و میزان آلاینده‌هایی چون CO و HC کاهش می‌یابد که میزان کاهش آلاینده‌ها بسته به نوع خودرو و شرایط کاری متفاوت خواهد بود [۱، ۴ و ۶]. مخلوط بنزین و اتانول یک مخلوط با هدایت‌پذیری الکتریکی بسیار پایین را ایجاد می‌کند (10^{-8} - 10^{-6} $\mu\text{S/cm}$) به طوری که انجام آزمایش‌های الکتروشیمیایی خوردگی را با مشکل جدی مواجه می‌سازد [۷]. همچنین در زمینه بررسی خوردگی در سیستم‌های سوخت‌رسانی بخصوص در سیستم‌هایی که سوخت مصرفی بنزین یا مخلوط بنزین- اتانول است، مطالب زیادی تاکنون منتشر نشده است. برخی از محققین افزودن ترکیبات نمکی مثل پرکلرات به بنزین به منظور افزایش هدایت‌پذیری محلول و در نتیجه تسهیل انجام آزمایش‌های خوردگی را توصیه می‌نمایند [۷ و ۸]. با این حال، در این تحقیق برای دستیابی به نتایجی کاربردی و قابل قبول، و غلبه بر مقاومت بالای محیط سوخت، علاوه بر استفاده از دستگاه‌های دقیق و مدرن، آزمایش‌های خوردگی در شرایط واقعی سوخت و فاقد مواد افزودنی انجام شده است. آزمایش‌های خوردگی به دو روش مطالعات کاهش وزن و مطالعات الکتروشیمیایی بر روی قطعات فلزی یک سیستم سوخت‌رسانی خودرو انجام گرفت. اثر افزودن اتانول بر میزان خوردگی بنزین نیز بررسی گردید. نتایج نشان می‌دهد که سرعت خوردگی فلزات سیستم سوخت‌رسانی، تابع مقدار اتانول سوخت است. با افزودن اتانول، سرعت خوردگی نیز افزایش می‌یابد.

مواد و روشها

شکل ۱ اجزای مختلف سیستم سوخت‌رسانی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در جدول ۱ ترکیب شیمیایی هر یک از این قسمت‌ها ارائه شده است. قطعات شماره ۱، ۴، ۸ و ۹ سیستم سوخت‌رسانی از پوشش کرومات‌ه روی رنگی با ضخامت بیش از ۸ میکرون برخوردار بودند.

با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌شود که قطعات شماره ۲، ۳ و ۴ از جنس فولاد ساده کم‌کربن، با ترکیب شیمیایی یکسان هستند. لذا برای انجام آزمایش فقط یکی از آنها (نمونه شماره ۴)، انتخاب گردید. همچنین جنس قطعات شماره ۵ و ۷ نیز یکسان و از نوع آلیاژ آلومینیوم (۶۰۶۱-T۶) است که قطعه شماره ۵ تحت آزمایش قرار گرفت.

روش‌ها و محلول‌های مورد استفاده در آزمایش‌های خوردگی در این تحقیق، از دو روش غوطه‌وری و EIS جهت انجام آزمایش‌های خوردگی استفاده شد. محی‌ط‌های مورد آزمایش، مطابق جدول ۳ انتخاب و بکار گرفته شد.

جدول (۳)- محلول‌های مورد استفاده در آزمون‌ها

ردیف	ترکیب محلول	نوع آزمون
۱	بنزین	غوطه‌وری - EIS
۲	بنزین + ۵٪ اتانول	غوطه‌وری - EIS
۳	بنزین + ۱۰٪ اتانول	غوطه‌وری - EIS
۴	بنزین + ۱۵٪ اتانول	غوطه‌وری - EIS
۵	بنزین + ۱٪ آب	EIS
۶	بنزین + ۵٪ اتانول + ۱٪ آب	EIS
۷	بنزین + ۱۰٪ اتانول + ۱٪ آب	EIS
۸	بنزین + ۱۵٪ اتانول + ۱٪ آب	EIS

آزمایش‌های غوطه‌وری

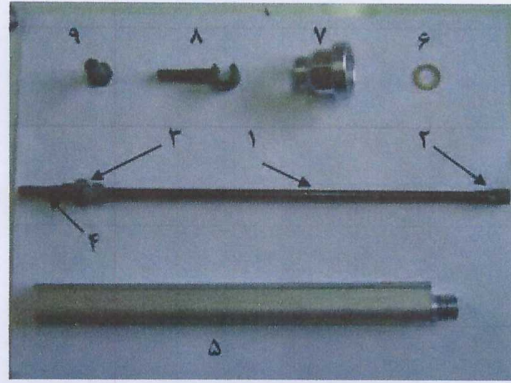
نمونه‌های توزین شده در درون هر یک از محلول‌های ارائه شده در جدول ۳، به مدت ۱۴۴ شبانه روز (۳۴۵۶ ساعت) غوطه‌ور گردیدند. دمای محیط، به عنوان دمای آزمایش انتخاب شد. هر ۲۴ روز یک بار (۶ سیکل) نمونه‌ها از محلول خارج شده، خشک، توزین و مجدداً در داخل محلول قرار گرفتند. از آنجایی که محلول‌های خوردگی فرار هستند لذا در هر ۱۲ روز یک بار (۱۲ سیکل) محلول تازه به مخزن اضافه گردید. بعد از طی زمان آزمایش، نمونه‌ها از محلول خارج گردیده، خشک و توزین شدند. به منظور بررسی تکرارپذیری آزمایش‌ها، هر آزمایش سه بار تکرار گردید.

آزمایش‌های EIS

با توجه به مقاومت بسیار بالای محلول‌های آزمایش، روش EIS با سیستم دو الکترودی در یک سل شیشه‌ای تک جداره با حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر انتخاب شد. حجم محلول آزمایش ۲۰۰ میلی‌لیتر و به منظور افزایش دقت در آزمایش‌ها، از هر محلول فقط یکبار جهت انجام آزمایش استفاده شد.

محلول‌ها در طی انجام آزمایش با سرعت ۵۰۰ دور بر دقیقه به وسیله همزن مغناطیسی هم‌زده می‌شدند. در سل آزمایش، از نمونه‌های جدول ۲ به عنوان الکترود کار و از صفحه فولاد زنگ‌نزن نوع ۳۰۴ با مساحت سطحی بزرگتر از مساحت سطح الکترود کار به عنوان الکترود کمکی استفاده شد. فاصله بین الکترود کار و کمکی در تمام آزمایش‌ها ۲ میلی‌متر انتخاب گردید.

آزمایش‌ها به وسیله دستگاه Zahner Elektrik مدل IM6e و با استفاده از نرم‌افزار TALES اجرا گردید. با توجه به مقاومت بسیار بالای محلول‌ها، دامنه فرکانس آزمون، در محدوده بسیار پایین ۰/۰۰۷ تا ۱۰۰ هرتز انتخاب گردید. استفاده از فرکانس‌های بسیار کم، سبب طولانی شدن زمان آزمون و افزایش احتمال وجود داده‌های نادرست در بین داده‌های نهایی می‌شود. به همین دلیل برای حصول به دقت بالا و پیشگیری از ورود اشتباه به داده‌ها در حین انجام آزمون، از دستگاه High Impedance Probe در مسیر الکترود کاری استفاده شد. با توجه به هدایت بسیار کم محلول‌ها برای جریان، از دامنه پتانسیل اعمالی بسیار کم (۵ mV_{rms}) در محدوده پتانسیل خوردگی (E_{cor}) استفاده شد. به منظور دستیابی به نتایج دقیق و تکرارپذیر، هر یک از آزمایش‌ها، دو بار تکرار گردید. با توجه به منحنی‌های به دست آمده در آزمون‌ها، مدار معادل سیستم‌ها بصورت شکل ۲ به دست آمد



شکل (۱)- قطعات مختلف سیستم سوخت‌رسانی مورد مطالعه

۱- لوله برگشت داخلی ریل سوخت ۲- آداپتور لوله برگشت و رگولاتور فشار ۳- مغز شش گوش لوله برگشت سوخت از ریل سوخت ۴- لوله خروج سوخت از ریل سوخت ۵- لوله انتقال سوخت ۶- واشر اتصال لوله ورود سوخت به ریل سوخت ۷- مقر رگولاتور فشار ۸- لوله ورود سوخت به ریل سوخت ۹- پیچ لوله انتقال سوخت

جدول (۱)- ترکیب شیمیایی قسمت‌های مختلف سامانه سوخت

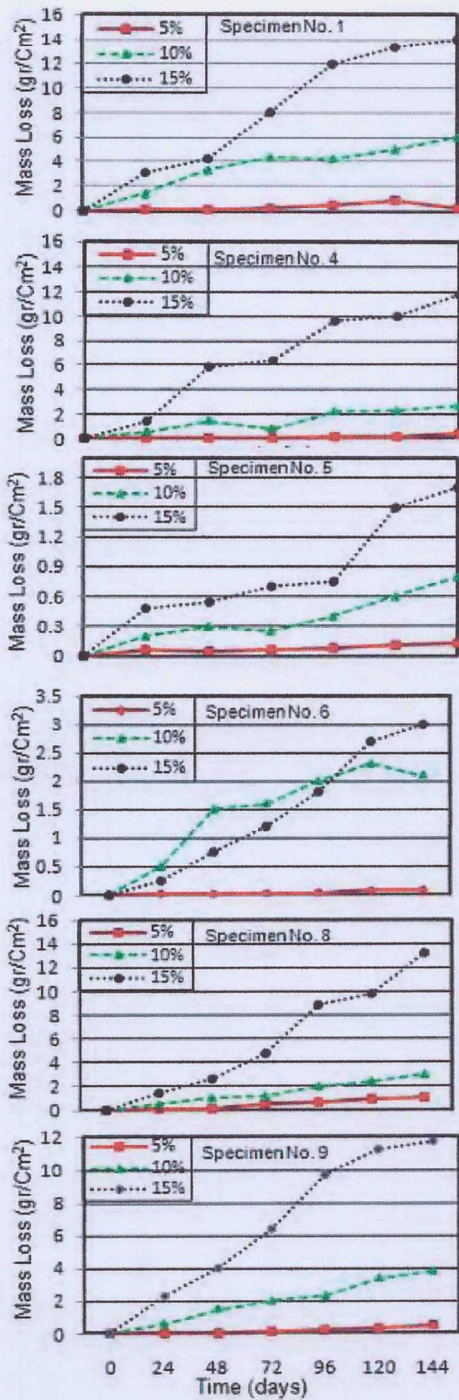
شماره قطعه	درصد شیمیایی عناصر (وزنی)												
	Fe	Mg	Zn	Al	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Pb
۱	۱۹۷۰	-	-	-	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۱۰/۱۵	-
۲	۰/۱۵	-	-	-	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۲۲	-	-	-	-
۳	۰/۱۵	-	-	-	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۲۲	-	-	-	-
۴	۰/۱۵	-	-	-	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۲۲	-	-	-	-
۵	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۲۵	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۲۵	-
۶	-	-	-	-	-	-	-	۰/۰۶	-	۰/۰۲	۰/۰۲	-	-
۷	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۲۵	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۲۵	-
۸	۰/۱۵	-	-	-	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۲۲	-	-	-	-
۹	۰/۱۵	-	-	-	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۲۲	-	-	-	-

با توجه به اتصال قطعات شماره ۱ تا ۴ با استفاده از لحیم سخت (جوش برنج) به یکدیگر، قسمت لحیم سخت (شماره ۱۰) نیز به عنوان نمونه‌ای مجزا مورد آزمایش قرار گرفت. بنابراین، در مجموع ۷ نمونه مختلف (۱، ۴، ۵، ۶، ۸، ۹ و ۱۰) جهت انجام آزمایش‌های خوردگی، مورد استفاده قرار گرفت.

نمونه‌های آزمایش به استفاده از دستگاه وایرکات، مطابق جدول ۲، از قسمت‌های مختلف سیستم سوخت‌رسانی تهیه و پس از عمل چربی‌گیری، با آب شسته، خشک و توزین گردیدند. به منظور دستیابی به نتایج قابل قبول، مناطق برش با لاک پوشیده شد.

جدول (۲)- مشخصات نمونه‌ها در آزمون EIS

ردیف	شماره نمونه	اندازه سطح (Cm ²)
۱	۱	۱/۱۰
۲	۴	۳/۲۴
۳	۵	۲/۶۴
۴	۶	۰/۳۳
۵	۸	۱/۶۸
۶	۹	۳/۱۴
۷	۱۰	۰/۷۷

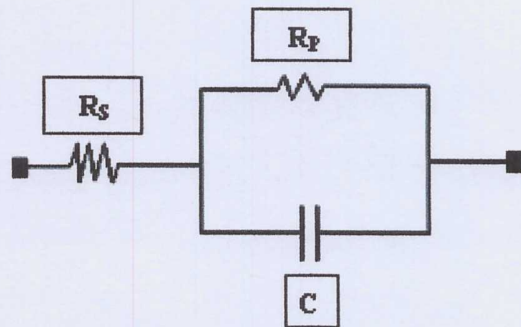


شکل (۳) - تغییرات وزن نمونه‌های آزمون با گذشت زمان

آزمایش‌های EIS

شکل ۴ منحنی‌های نایکوئیست نمونه‌های مورد آزمایش را در چهار محیط مختلف بنزین بدون اتانول و بنزین محتوی ۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪ اتانول نشان می‌دهد

. با مقایسه منحنی‌ها می‌توان دریافت که با افزایش میزان اتانول در بنزین، به دلیل افزایش هدایت‌پذیری محلول، نرخ خوردگی نمونه‌های مورد آزمایش، افزایش یافته است. در جدول ۵ کمیت‌های مقاومت محلول (R_s) و مقاومت پولاریزاسیون (R_p) بر اساس نمودارهای نایکوئیست بدست آمده تعیین شده است. سرعت خوردگی با توجه به مقادیر مقاومت پولاریزاسیون و مقایسه با جدول ارائه شده در مرجع [۹] تخمین زده شده است.



شکل (۲) - مدار معادل سامانه آزمون

بررسی‌های SEM و آنالیز محصولات خوردگی به روش EDX در این تحقیق از میکروسکوپ الکترونی مدل Leo ۴۴۰ ساخت کشور انگلستان به منظور ارزیابی سطوح خورده شده و همچنین آنالیز EDX سطوح خوردگی استفاده گردید.

بحث و نتیجه‌گیری

آزمایش‌های کاهش وزن

شکل ۳ نمودار کاهش وزن نمونه‌های آزمایش را پس از آزمایش خوردگی غوطه‌وری نشان می‌دهند. با توجه به عدم امکان انجام آزمایش کاهش وزن بر روی نمونه لایم سخت، این آزمایش بر روی آن انجام نگرفت. همچنین در نمونه‌های غوطه‌ور در بنزین بدون اتانول، تغییرات وزنی قابل ملاحظه‌ای مشاهده نگردید. لذا از ارائه داده‌های مربوطه خودداری شد.

مطابق نمودارها، نمونه‌های فولادی در محلول بنزین حاوی ۱۵٪ اتانول بیشترین کاهش وزن را برخوردار بوده‌اند. همچنین مشاهده شد که نمونه‌های دارای پوشش کرومات روی (شماره ۱، ۴، ۸ و ۹) در مقایسه با سایر نمونه‌ها نه تنها مقاومت خوردگی بیشتری از خود نشان نداده، بلکه برعکس، بیشتر دچار آسیب شده‌اند. پس از نمونه‌های فولادی، نمونه‌های مسی بیشترین مقدار کاهش وزن را برخوردار بوده‌اند.

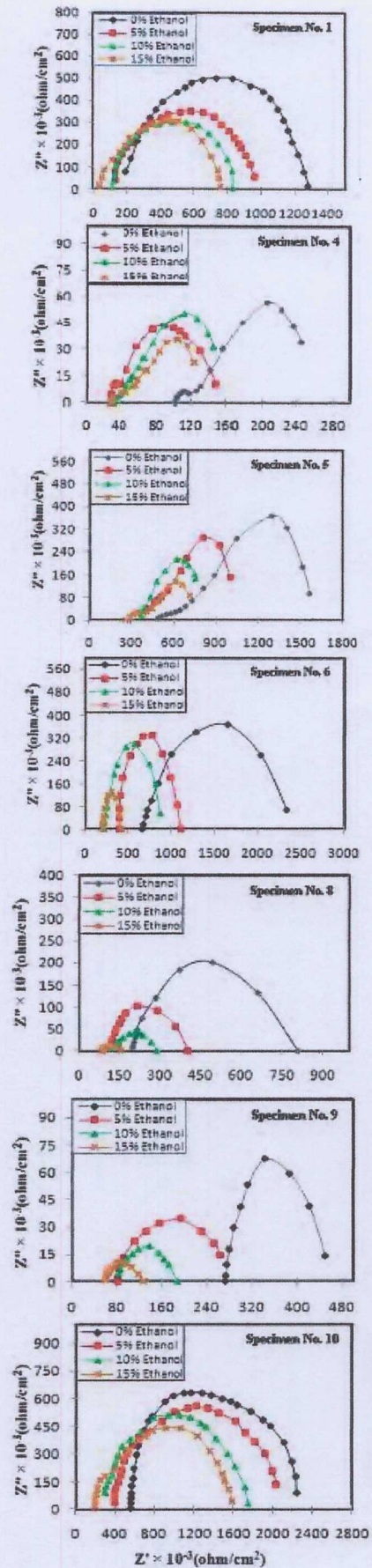
نمونه‌های آلومینیومی بر خلاف سایر نمونه‌ها، مقاومت خوبی در محیط‌های بنزین حاوی اتانول از خود نشان دادند و تنها در محلول بنزین حاوی ۱۵٪ اتانول به مقدار جزئی دچار خوردگی سطحی شدند (شکل ۷). نتایج آزمایش‌های کاهش وزن نشان می‌دهد که سیستم سوخت‌رسانی در محیط بنزین فاقد اتانول، دچار مشکلات خوردگی حاد نمی‌شود. همچنین نتایج آزمایش‌ش نشان داد که با افزایش میزان اتانول بنزین، کاهش وزن بیشتری در نمونه‌های فلزی پدیدار می‌شود.

اطلاعات جدول ۴ بیانگر این است که بیشترین نرخ خوردگی در بنزین حاوی ۱۵٪ اتانول رخ می‌دهد. با توجه به مقادیر نرخ خوردگی، می‌توان دریافت که افزودن ۱۵٪ اتانول به بنزین باعث افزایش نرخ خوردگی به میزان ۴۶/۸٪، ۵۴/۵٪ و ۲۴٪ در نمونه‌های به ترتیب شماره ۱، ۴ و ۱۰ و حدود ۲، ۳، ۷/۵ و ۸ برابر در نمونه‌های به ترتیب ۵، ۶، ۸ و ۹ شده است.

جدول (۴)- اطلاعات حاصل از منحنی‌های نایکوئیست آزمایش EIS بر

روی نمونه‌ها در محیط بنزین با و بدون اتانول

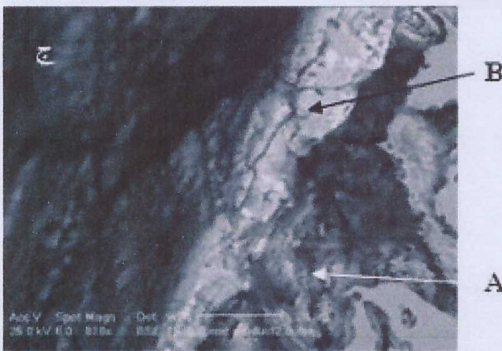
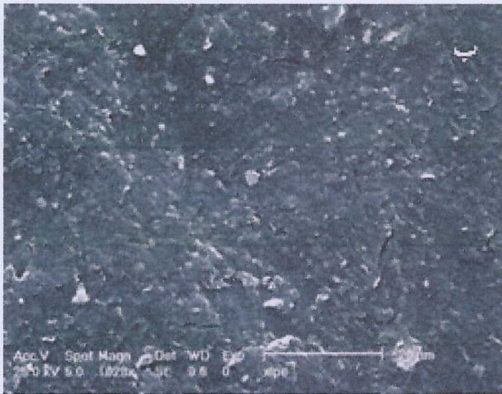
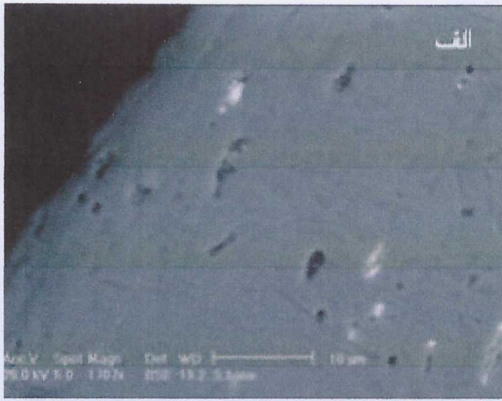
سرعت خوردگی (mpy)	اطلاعات حاصل از منحنی‌های نایکوئیست (Nyquist)		محیط آزمایش	شماره نمونه
	R _p (Ω.cm ²)	R _s (Ω.cm ²)		
9/17 × 10 ⁻³	1/09 × 10 ⁶	1/93 × 10 ⁰	بنزین بدون اتانول	۱
13/26 × 10 ⁻³	7/54 × 10 ⁰	1/30 × 10 ⁰	بنزین با ۵٪ اتانول	۱
13/85 × 10 ⁻³	7/22 × 10 ⁰	1/10 × 10 ⁰	بنزین با ۱۰٪ اتانول	۱
13/79 × 10 ⁻³	7/25 × 10 ⁰	3/50 × 10 ⁴	بنزین با ۱۵٪ اتانول	۱
62/50 × 10 ⁻³	1/60 × 10 ⁰	1/00 × 10 ⁰	بنزین بدون اتانول	۴
83/33 × 10 ⁻³	1/20 × 10 ⁰	3/00 × 10 ⁴	بنزین با ۵٪ اتانول	۴
85/47 × 10 ⁻³	1/17 × 10 ⁰	3/30 × 10 ⁴	بنزین با ۱۰٪ اتانول	۴
۰/۱	1/00 × 10 ⁰	2/93 × 10 ⁴	بنزین با ۱۵٪ اتانول	۴
8/77 × 10 ⁻³	1/14 × 10 ⁶	4/60 × 10 ⁴	بنزین بدون اتانول	۵
14/99 × 10 ⁻³	6/67 × 10 ⁰	3/83 × 10 ⁴	بنزین با ۵٪ اتانول	۵
16/75 × 10 ⁻³	5/97 × 10 ⁰	3/53 × 10 ⁰	بنزین با ۱۰٪ اتانول	۵
19/30 × 10 ⁻³	5/18 × 10 ⁰	2/62 × 10 ⁰	بنزین با ۱۵٪ اتانول	۵
60/97 × 10 ⁻³	1/64 × 10 ⁰	6/57 × 10 ⁰	بنزین بدون اتانول	۶
14/20 × 10 ⁻³	7/04 × 10 ⁰	3/96 × 10 ⁰	بنزین با ۵٪ اتانول	۶
14/49 × 10 ⁻³	6/90 × 10 ⁰	2/10 × 10 ⁰	بنزین با ۱۰٪ اتانول	۶
45/45 × 10 ⁻³	2/20 × 10 ⁰	2/05 × 10 ⁰	بنزین با ۱۵٪ اتانول	۶
1/54 × 10 ⁻³	6/50 × 10 ⁶	2/00 × 10 ⁰	بنزین بدون اتانول	۸
35/21 × 10 ⁻³	2/84 × 10 ⁰	1/20 × 10 ⁰	بنزین با ۵٪ اتانول	۸
50/00 × 10 ⁻³	2/00 × 10 ⁰	1/00 × 10 ⁰	بنزین با ۱۰٪ اتانول	۸
13/42 × 10 ⁻³	7/45 × 10 ⁴	8/55 × 10 ⁴	بنزین با ۱۵٪ اتانول	۸
53/19 × 10 ⁻³	1/88 × 10 ⁰	2/72 × 10 ⁰	بنزین بدون اتانول	۹
55/55 × 10 ⁻³	1/80 × 10 ⁰	8/16 × 10 ⁴	بنزین با ۵٪ اتانول	۹
92/59 × 10 ⁻³	1/08 × 10 ⁰	8/00 × 10 ⁴	بنزین با ۱۰٪ اتانول	۹
14/81 × 10 ⁻³	6/75 × 10 ⁴	5/95 × 10 ⁴	بنزین با ۱۵٪ اتانول	۹
5/98 × 10 ⁻³	1/67 × 10 ⁶	5/65 × 10 ⁰	بنزین بدون اتانول	۱
6/06 × 10 ⁻³	1/65 × 10 ⁶	4/00 × 10 ⁰	بنزین با ۵٪ اتانول	۱
6/90 × 10 ⁻³	1/45 × 10 ⁶	3/00 × 10 ⁰	بنزین با ۱۰٪ اتانول	۱
7/14 × 10 ⁻³	1/40 × 10 ⁶	1/97 × 10 ⁰	بنزین با ۱۵٪ اتانول	۱



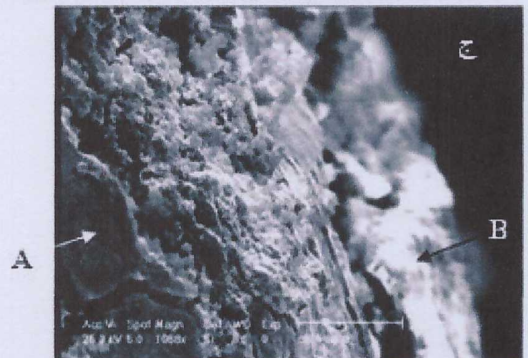
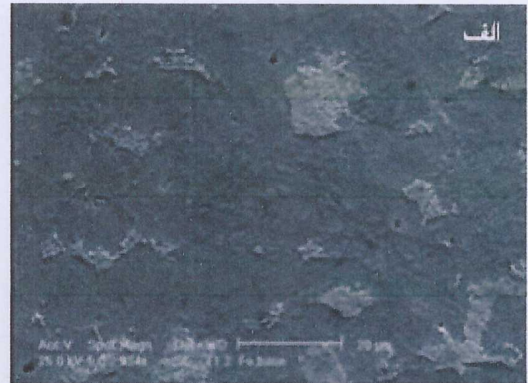
شکل (۴)- نمودارهای نایکوئیست حاصل از آزمایش‌های EIS در محلول‌ها

بررسی نمونه‌های آزمایش با میکروسکوپ الکترونی

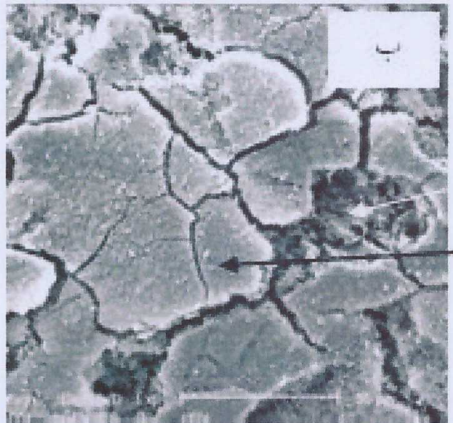
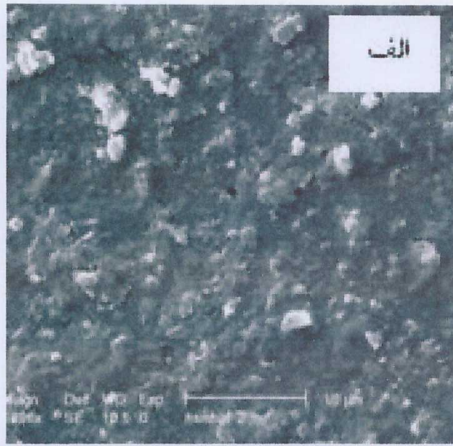
در شکل‌های ۵ تا ۱۰، تصاویر میکروسکوپ الکترونی سطح نمونه‌ها پس از غوطه‌وری به مدت ۱۴۴ روز، در محلول بنزین بدون اتانول و دارای درصدهای مختلف اتانول نشان داده شده است. مطابق تصاویر، بیشترین میزان خوردگی برای نمونه‌های غوطه‌ور در بنزین حاوی ۱۵٪ اتانول مشاهده شده است. بر سطح نمونه‌های غوطه‌ور در بنزین بدون اتانول و دارای ۵٪ اتانول، آثاری از خوردگی مشاهده نشد.



شکل (۴) - تصویر میکروسکوپ الکترونی نمونه شماره ۴ در بنزین حاوی: (الف) ۵٪، (ب) ۱۰٪ و (ج) ۱۵٪ اتانول



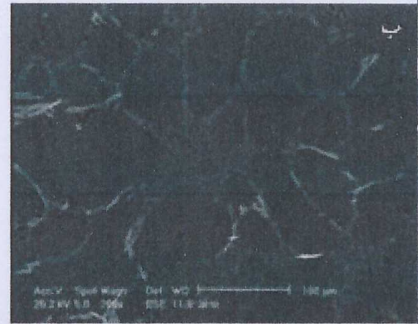
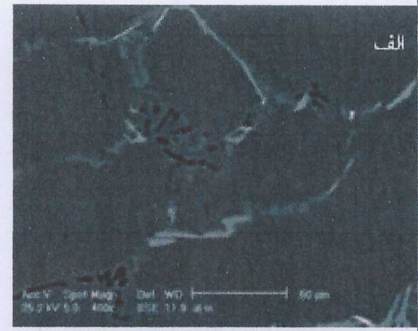
شکل (۵) - تصویر میکروسکوپ الکترونی نمونه شماره ۱ در بنزین حاوی: (الف) ۵٪، (ب) ۱۰٪ و (ج) ۱۵٪ اتانول



A

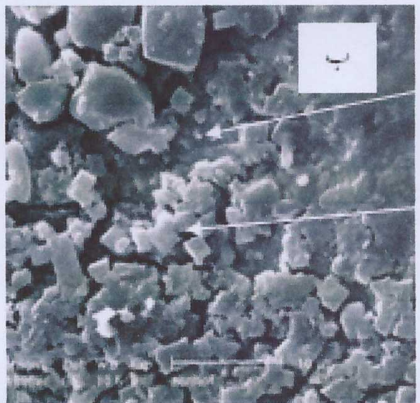
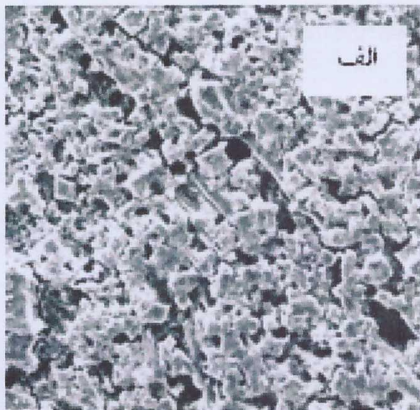
B

شکل (۹) - تصویر میکروسکوپ الکترونی نمونه شماره ۸ در بنزین حاوی: (الف) ۱۰٪ اتانول و (ب) ۱۵٪ اتانول



A

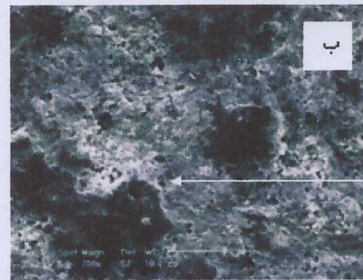
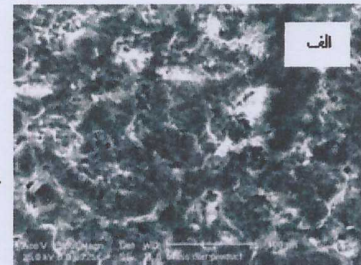
شکل (۷) - تصویر میکروسکوپ الکترونی نمونه شماره ۵ در بنزین حاوی: (الف) ۵٪، (ب) ۱۰٪ و (ج) ۱۵٪ اتانول



A

B

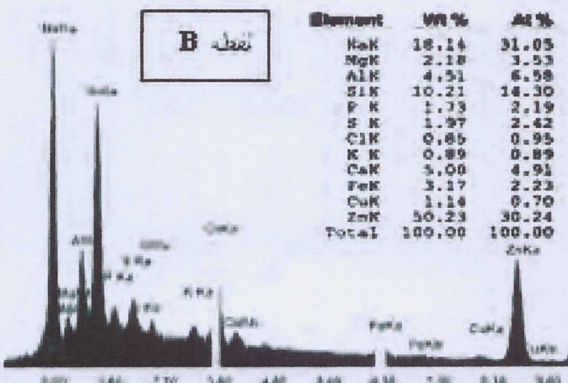
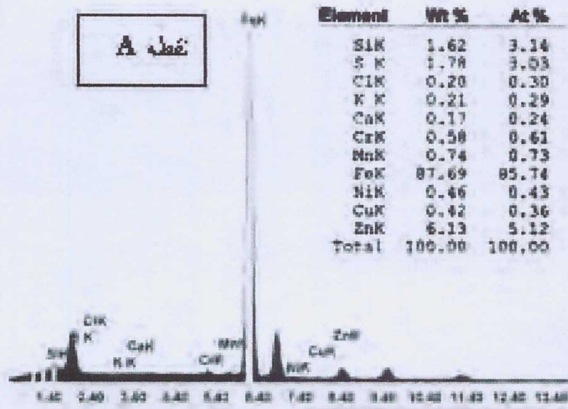
شکل (۱۰) - تصویر میکروسکوپ الکترونی نمونه شماره ۹ در بنزین حاوی: (الف) ۱۰٪ و (ب) ۱۵٪ اتانول



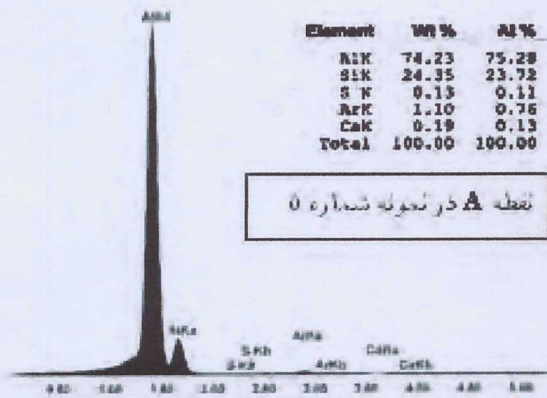
شکل (۸) - تصویر میکروسکوپ الکترونی نمونه شماره ۶ در بنزین حاوی: (الف) ۱۰٪ و (ب) ۱۵٪ اتانول

آنالیز EDX محصولات خوردگی

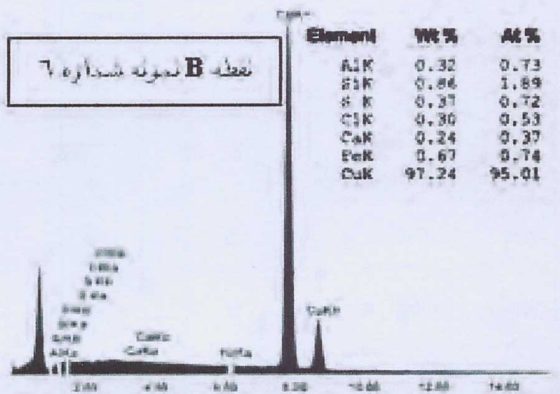
آنالیز EDX محصولات خوردگی در نقاط مشخص شده تصاویر SEM در شکل‌های ۱۱ تا ۱۵ نشان داده شده است. مطابق این نتایج، در اغلب محصولات خوردگی، عنصر آهن و در صورت وجود پوشش کرومات بر سطح نمونه، عنصر روی شناسایی شده است. علاوه بر این، وجود عناصر دیگری مانند سیلیسیم، کروم، گوگرد و کلر نیز در محصولات خوردگی قابل مشاهده است. این موضوع حضور گوگرد و کلر در فرآیند خوردگی نمونه‌ها را نشان می‌دهد. عمده محصولات خوردگی از درصد بالای آهن و روی برخوردارند که منبع عنصر آهن، آلیاژ زمینه و منبع عنصر روی، پوشش کرومات است. در ترکیب محصولات خوردگی سطح نمونه‌های آلومینیم نیز عناصر آلومینیوم، سیلیسیم و گوگرد شناسایی شده است. مس نیز عنصر غالب در ترکیب محصولات خوردگی سطح نمونه‌ی مسی است. در ترکیب محصولات خوردگی سطح نمونه مسی، وجود عناصر کلر و گوگرد مشاهده می‌شود. با توجه به سهم بودن گوگرد و کلر در خوردگی نمونه‌ها، لزوم کنترل این عناصر در ترکیب بنزین ضروری است.



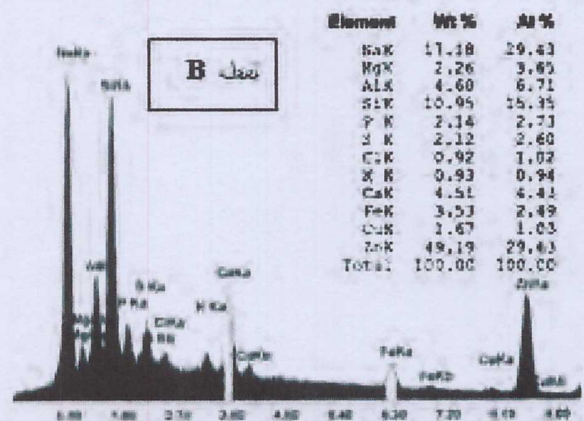
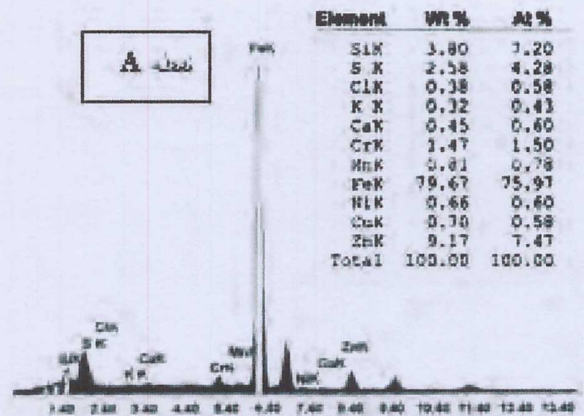
شکل (۱۲) - آنالیز EDX نمونه شماره ۴ (نمونه فولادی با پوشش کرومات روی) پس از آزمایش خوردگی غوطه‌وری



نقطه A در نمونه شماره ۵



شکل (۱۳) - آنالیز EDX نمونه شماره ۵ و ۶ پس از آزمایش غوطه‌وری



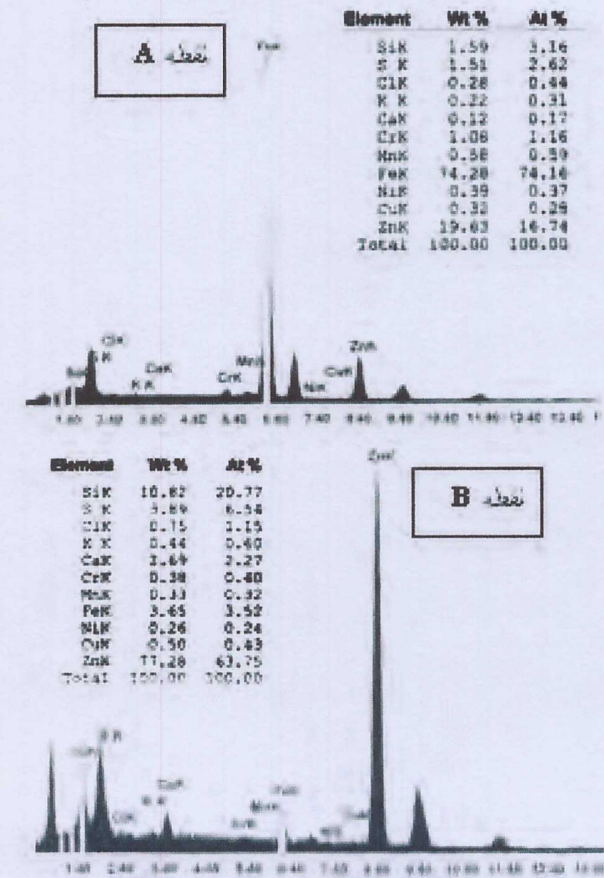
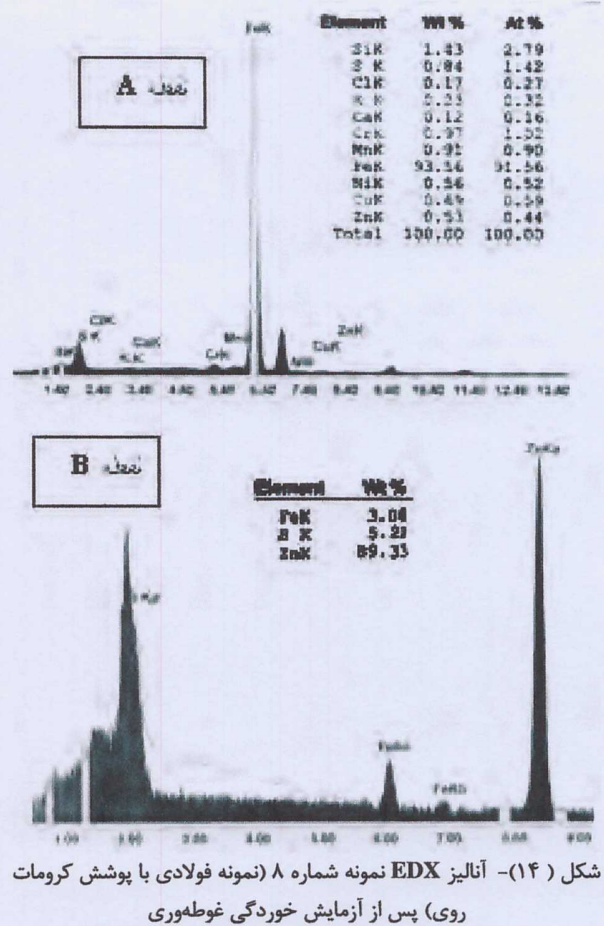
شکل (۱۱) - آنالیز EDX نمونه شماره ۱ (نمونه فولادی با پوشش کرومات روی) پس از آزمایش غوطه‌وری خوردگی

نتیجه‌گیری

- ❖ با افزایش میزان اتانول در سیستم، به دلیل افزایش هدایت محلول، میزان جریان خوردگی (و به تبع آن سرعت خوردگی) در تمامی نمونه‌ها افزایش می‌یابد.
- ❖ با توجه به وجود عناصری مانند گوگرد و کلر در آنالیز محصولات خوردگی تشکیل شده بر روی سطح نمونه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که گوگرد و کلر در فرآیند خوردگی نمونه‌ها سهیم بوده‌اند. لذا کنترل این عناصر در ترکیب بنزین ضروری است.
- ❖ عمده محصولات خوردگی تشکیل شده بر روی سطح نمونه‌های فولادی دارای ترکیبات آهن و روی با درصد بالا می‌باشند که عنصر آهن از آلیاژ زمینه و عنصر روی از پوشش کرومات آمده‌اند.
- ❖ محصولات تشکیل شده بر روی سطوح نمونه‌های آلومینیم نیز اغلب حاوی عنصر آلومینیم و سیلیسیم می‌باشند. در محصولات خوردگی عنصر گوگرد نیز مشاهده شده است.
- ❖ عنصر غالب در محصولات خوردگی نمونه مسی نیز مس می‌باشد که در این نمونه نیز کلر و گوگرد در محصولات خوردگی مشاهده شده است.
- ❖ افزایش ۱۵٪ الکل اتانول به بنزین، می‌تواند تا ۸ برابر، میزان خوردگی را در قطعات فولادی سیستم سوخت‌رسانی افزایش دهد.
- ❖ افزایش ۱۵٪ الکل اتانول به بنزین، می‌تواند تا ۷/۵ برابر، میزان خوردگی را در قطعات مسی سیستم سوخت‌رسانی افزایش دهد.
- ❖ افزایش ۱۵٪ الکل اتانول به بنزین، فقط موجب افزایش کمتر از ۲۰٪ در میزان خوردگی را در لحیم سخت (برنج) به دنبال داشت. که بیانگر کمترین افزایش سرعت خوردگی در بین مواد مورد استفاده در سیستم سوخت‌رسانی است.

مراجع

- 1- RFA. 2002 "Fuel Ethanol, Industry Guidelines, Specifications, and Procedures", Renewable Fuels Association, RFA Publication.
- 2- Peterson, S., Hieronymus, A., Meyer, M. and Dawes, C., 2000, "The New Silverado: An Ethanol (E85) Conversion by the University of Nebraska-Lincoln", Society of Automotive Engineers, Inc.
- 3- Environment Australia, 2002, "Setting the Ethanol Limit in Petrol", Environment Australia, CPP Instant Printing.
- 4- Jeuland, N., Montagne, X. and Gautrot, X., 2004, "Potentiality of Ethanol as a Fuel for Dedicated Engine", Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP, Vol. 59, No. 6, pp. 559-570.
- 5- Fachetti, A. and Kremer, F.G., 2000, Alcohol as Automotive Fuel: The Brazilian Experience Society of Automotive Engineers (SAE) paper 2000-01-1965.
- 6- American Petroleum Institute, 2001, Alcohols and Ethers: A Technical Assessment of Their Application as Fuels and Fuel Components, Third Edition, API Publication 4261.
- 7- De Souza, J. P., Mattos, O. R., Sathler, L. and Takenouti, H., 1987, "Impedance Measurements of Corrosion Mild Steel in an Automotive Fuel Ethanol With and Without Inhibitor in a Two and Three Electrode Cell", Corrosion Science, Vol 27, No. 21, pp. 1351-1364.
- 8- Copobianco, G., Farnia, G., Ffaita, G. and Farina, C. A., 1984, 9th International Congress on Metallic Corrosion, Toronto, Proceedings, Vol. 3, pp. 532, 1984.
- 9- R. Winston Revie, Uhlig's, 2000, Corrosion Handbook, Second Edition, John Wiley & Sons, New York, p. 1213,



شکل (۱۵) - آنالیز EDX نمونه شماره ۹ (نمونه فولادی با پوشش کرومات روی) پس از آزمایش خوردگی غوطه‌وری