

بررسی تأثیر دما بر رفتار خوردگی فولاد کربنی در تماس با عایق گرمایی پشم سنگ

اردشیر یارک زاده^{۱*}، احمد ساعتچی^۲، رضا ابراهیمی کهریزسنگی^۳، محسن دوازده امامی^۴ و محمد حسین بینا^۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد، دانشکده مهندسی مواد، اصفهان، ایران

۲- استاد، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی مواد، اصفهان، ایران

۳- دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد، دانشکده مهندسی مواد، اصفهان، ایران

۴- استادیار، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی مکانیک، اصفهان، ایران

۵- دانشجوی دکتری، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، دانشکده مواد پیشرفته و انرژی‌های نو، تهران، ایران

*a.yarakzadeh@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۲/۳۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۴/۱۶)

چکیده

در این پژوهش، خوردگی فولاد API 5L 42X در تماس با عایق گرمایی پشم سنگ در چهار دمای ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درجه سانتیگراد بررسی شده است. بدین منظور از آزمون‌های پلاریزاسیون تافل، پلاریزاسیون سیکلی و کاهش وزن استفاده گردید. آزمون‌های الکتروشیمیایی و کاهش وزن بترتیب در مایع حاصل از شستشوی عایق و در تماس با عایق مرطوب به انجام رسیدند. علاوه بر این محصولات خوردگی حاصل از آزمون‌های کاهش وزن در دو دمای ۲۰ و ۸۰ درجه سانتیگراد بمنظور تأیید نتایج بوسیله پراش پرتو ایکس مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج آزمون‌های پلاریزاسیون تافل و کاهش وزن در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد نشان داد، عایق پشم سنگ دارای پتانسیل پایینی در ایجاد خوردگی است که این موضوع پیامدی از خصلت قلیایی محلول حاصل از شستن این عایق و غلظت پایین یون کلر موجود در آن می‌باشد. افزایش دما از ۲۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد در آزمون‌های کاهش وزن بدلیل شکل‌گیری یک سیستم بسته خوردگی موجب افزایش مداوم سرعت خوردگی نمونه‌های فولادی گردید، در حالیکه در آزمون‌های پلاریزاسیون تافل در محدوده دمایی ۶۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد بدلیل شکل‌گیری یک سیستم باز چنین رفتاری مشاهده نشد. آزمون‌های پلاریزاسیون سیکلی و مشاهدات میکروسکوپی سطح نمونه‌ها پس از آزمون‌های کاهش وزن نشان دادند، افزایش دما تمایل به خوردگی موضعی را افزایش داده است.

واژه‌های کلیدی:

خوردگی زیر عایق، پشم سنگ، دما، خوردگی یکنواخت، خوردگی موضعی.

۱- مقدمه

های گرمایی بر روی سطح تجهیزات مورد استفاده در صنایع را اجتناب‌ناپذیر نموده است. در عمل عایق‌های گرمایی می‌توانند

امروزه لزوم صرفه‌جویی در مصرف انرژی، استفاده از عایق-

به همین منظور آزمون‌های خوردگی علاوه بر آن که مستقیماً بوسیله‌ی تماس فولاد با عایق مرطوب به انجام رسیدند، در محلول‌های شبیه‌سازی شده نیز توسط روش‌های الکتروشیمیایی صورت پذیرفته‌اند. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند جهت تعیین رفتار خوردگی فولاد API 5L 42X در زیر عایق گرمایی پشم سنگ در صنعت مفید باشد.

۲- مواد و روش تحقیق

۲-۱- مواد

در این تحقیق نمونه‌هایی از فولاد با کد استاندارد API 5L 42X جهت انجام آزمون‌های خوردگی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ترکیب شیمیایی این فولاد در جدول (۱) ارائه شده است. ترکیب شیمیایی عایق پشم‌سنگ مطابق با اطلاعات حاصل از کارخانه‌ی سازنده^۴ نیز که آنالیز آن توسط روش XRF به انجام رسیده در جدول (۲) نشان داده شده است. جدول (۱): ترکیب شیمیایی فولاد مورد استفاده در این تحقیق.

عنصر	%Fe	%S	%P	%Mn	%Si	%C
درصد وزنی	۹۷/۹۶	۰/۰۳	۰/۰۳	۱/۲۵	۰/۴۵	۰/۲۸

جدول (۲): ترکیب شیمیایی الیاف پشم‌سنگ مورد استفاده در این تحقیق.

ترکیب	درصد وزنی
% MgO	۱۰
% SiO ₂	۴۶
% Al ₂ O ₃	۱۴
% TiO ₂	۱/۵
% Fe ₂ O ₃ + FeO	۷/۵-۸
% CaO	۱۸

۲-۲- شستن عایق پشم‌سنگ

به منظور ارزیابی حداکثر میزان یون کلر قابل استخراج از عایق پشم‌سنگ و همچنین بدست آوردن pH محلول حاصل از شسته شدن این عایق از استاندارد ASTM C871 [۱۱] استفاده شد. لازم بذکر است غلظت یون کلر در محلول حاصل از شسته شدن عایق توسط روش تیتراسیون اندازه‌گیری گردید.

شرایطی را فراهم آورند که خوردگی بصورت مخفیانه در سطح فلز صورت بپذیرد [۱].

مطابق با تعریف، خوردگی زیر عایق^۱ به خوردگی تجهیزات فلزی در زیر عایق‌های گرمایی در نتیجه‌ی حضور آب، اکسیژن یا سایر الکترولیت‌های خورنده گفته می‌شود [۲]. این خوردگی چالشی جدی برای صنایع نفت و گاز بشمار می‌آید [۳-۴]. تحقیقات شرکت نفتی اگزون موبیل^۲ در سال ۲۰۰۳ نشان داد که بیش از ۴۰ درصد از هزینه‌ی عملیات تعمیرات و نگهداری خطوط لوله مربوط به خوردگی زیر عایق بوده است [۵].

خوردگی زیر عایق دارای مکانیزم الکتروشیمیایی است و در حقیقت تا زمانی که رطوبت در فصل مشترک فلز-عایق تجمع نیابد، خوردگی نیز رخ نخواهد داد [۶]. نفوذ رطوبت از منابع خارجی مانند آب باران و چگالش بخار آب بر روی سطح تجهیز عایق‌بندی شده دو منبع اصلی تأمین رطوبت در فرآیند خوردگی زیر عایق می‌باشند [۷]. نقش عایق‌های گرمایی در بروز خوردگی زیر عایق را می‌توان در سه عامل الف) ایجاد فضای حلقوی یا شیار برای نگه‌داشتن آب یا سایر الکترولیت-های خورنده در تماس با بدنه‌ی تجهیز، ب) عایق‌های گرمایی خود موادی جاذب رطوبت هستند، و ج) وارد شدن یون‌های مهاجم موجود در عایق‌های گرمایی در فرآیند خوردگی زیر عایق دانست [۷]. خوردگی در زیر انواع عایق‌های گرمایی امکان پذیر است. نوع عایق تنها در سرعت و کیفیت آن نقش دارد [۸]. عایق پشم‌سنگ^۳ جزء خانواده‌ی عایق‌های گرمایی متشکل از الیاف معدنی بوده که ماده‌ی اولیه‌ی اصلی برای تولید آن سنگ بازالت از گروه سنگ‌های آتشفشانی آذرین می‌باشد [۹]. این عایق اشتعال‌ناپذیر بوده و محدوده‌ی دمایی بهینه‌ی سرویس‌دهی آن ۲۰ تا ۶۵۰ درجه‌ی سانتیگراد است [۱۰]. قابلیت جذب آب توسط پشم‌سنگ وابسته به طول و جهت‌گیری الیاف و نوع چسب مورد استفاده در ساخت، متفاوت است. این عایق همچنین اجازه‌ی عبور بخار آب را از خود می‌دهد، لذا محدودیت‌هایی برای استفاده از آن بر روی سطح تجهیزات سردکار وجود دارد [۷].

هدف از انجام تحقیق حاضر ارزیابی تأثیر دما بر خوردگی فولاد API 5L 42X در زیر عایق گرمایی پشم‌سنگ بوده است.

۳-۲- آزمون‌های الکتروشیمیایی

آزمون‌های الکتروشیمیایی توسط دستگاه پتانسیواستات مدل PARSTAT 2273A، همراه با سه الکتروود مرجع Ag-AgCl، الکتروود کمکی پلاتینی و الکتروود کاری به انجام رسیدند. محلول مناسب جهت انجام آزمون‌های الکتروشیمیایی بوسیله‌ی مخلوط نمودن مقدار ۵۰ گرم از عایق پشم‌سنگ در یک لیتر آب مقطر (pH=۶)، توسط یک دستگاه مخلوط‌کن و سپس عبور دادن از کاغذ صافی تا رسیدن به محلولی شفاف بدست آمد. نمونه‌های فولادی مورد استفاده بعنوان الکتروود کاری در رزین اپوکسی به گونه‌ای مانت شدند که یک سطح آن‌ها با ابعاد ۲۰×۲۰ میلی‌متر در معرض محیط قرار بگیرد. سطح نمونه‌ها توسط کاغذ سمباده‌ی SiC تا شماره‌ی ۸۰۰ پولیش و سپس با استون چربی‌زدایی و با آب مقطر شستشو داده شدند. بمنظور ایجاد شرایط پایدار، نمونه‌ها پیش از انجام آزمون به مدت یک ساعت در محلول غوطه‌ور بوده‌اند. دمای مورد نیاز برای انجام آزمون‌ها توسط یک حمام بن‌ماری فراهم شد. نمونه‌ها بترتیب افزایش دما (۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درجه‌ی سانتیگراد) A، B، C و D نامیده شده‌اند.

۴-۲- آزمون‌های کاهش وزن

آزمون‌های کاهش وزن مطابق با استاندارد ASTM C1617 [۱۲] در سل‌های لوله‌ای انجام شدند. آماده‌سازی سطحی نمونه‌های کاهش وزن مطابق با نمونه‌های آزمون‌های الکتروشیمیایی به

انجام رسید.

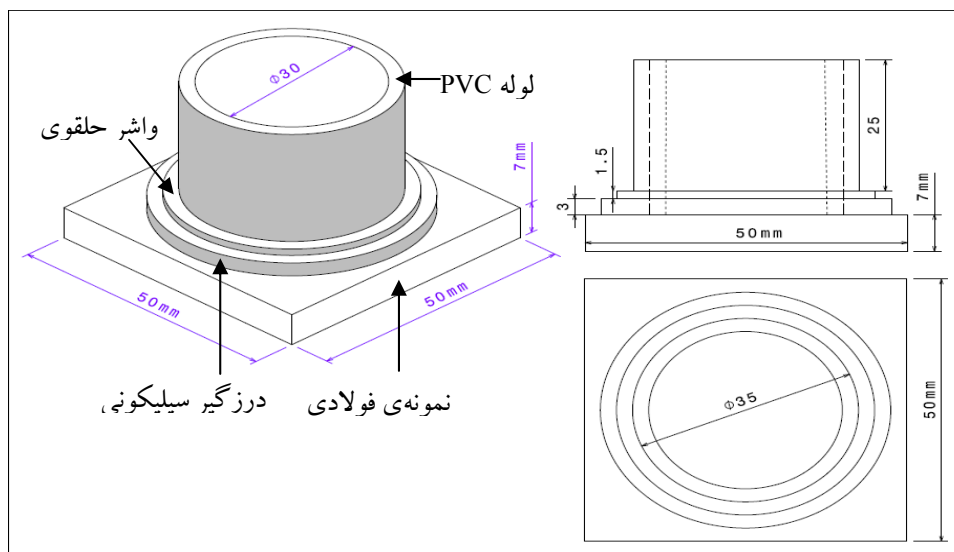
نمونه‌ها پیش از ساخت سل لوله‌ای تا چهار رقم اعشار توسط یک ترازوی دیجیتال وزن شدند. شماتیکی از سل لوله‌ای مورد استفاده در این آزمون در شکل (۱) نشان داده شده است.

در راستای تکمیل سل، نمونه‌ای استوانه‌ای شکل (معادل حجم درون لوله) از عایق پشم‌سنگ تهیه و درون سل لوله‌ای قرار داده شد و سپس به مدت ۱۴ روز مقدار ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر درون آن تزریق گردید.

دمای مورد نظر برای انجام آزمون توسط هیتر صفحه‌ای فراهم شد. در خاتمه پس از جدا نمودن متعلقات سل و محصولات خوردگی مطابق استاندارد ASTM C1617 مجدداً نمونه‌ی فولادی وزن و بر اساس کاهش وزن بوجود آمده سرعت خوردگی محاسبه گردید. به‌منظور افزایش دقت و اعتبار نتایج، این آزمون ۳ مرتبه بر روی نمونه‌های مشابه تکرار و میانگین نتایج مورد استفاده واقع شد.

۵-۲- بررسی‌های سطحی

مورفولوژی سطوح خورده شده پس از آزمون‌های کاهش وزن توسط میکروسکوپ نوری ارزیابی شدند. به‌منظور تشخیص فازهای موجود در محصولات خوردگی از دستگاه پراش پرتو ایکس فیلیپس مدل X'Pert-MPD با ولتاژ ۴۰KV، جریان ۳۰Ma و تشعشع $\text{Cu K}\alpha$ ($\lambda=1/542$) استفاده شد.



شکل (۱): شماتیک سل لوله‌ای.

۳- نتایج و بحث

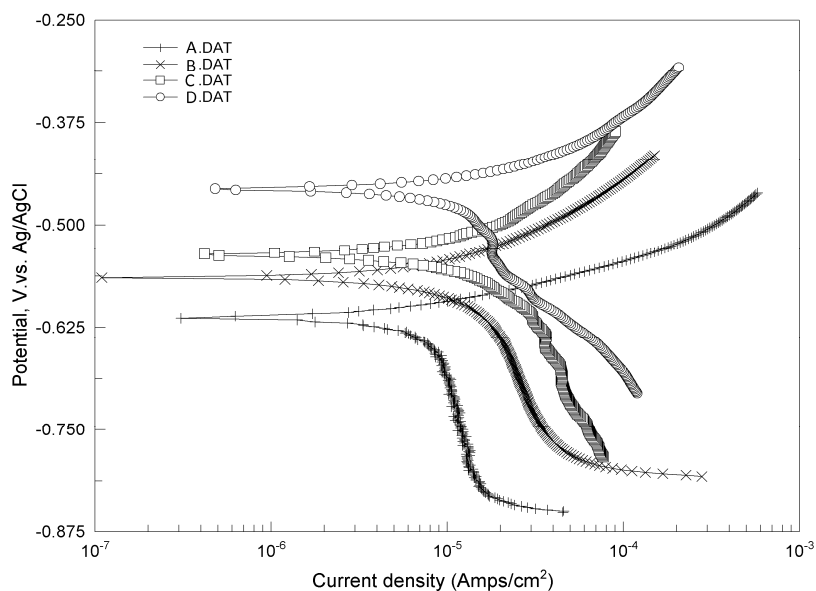
شکل (۲) منحنی‌های بدست آمده از آزمون پلاریزاسیون تافل را برای نمونه‌های فولادی در چهار دمای متفاوت نشان می‌دهد. در جدول (۳) نیز نتایج آزمون‌های کاهش وزن و پلاریزاسیون تافل آورده شده‌اند.

نتایج بدست آمده از آزمون شستن عایق پشم سنگ نشان داد که محلول حاصل از این عایق دارای خصلت قلیایی ($\text{pH} = 9.6 \pm 0.1$) بوده و محتوای یون کلر موجود در آن (۶ppm) بسیار پایین می‌باشد. بررسی اطلاعات موجود در جدول (۳) نشان می‌دهد سرعت خوردگی نمونه‌ی فولادی در تماس با محلول حاصل از شستن عایق پشم‌سنگ (آزمون تافل) و عایق مرطوب (کاهش وزن) در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتیگراد (نمونه‌ی A) بسیار پایین می‌باشد. دلیل این موضوع را می‌توان از یکسو به رفتار شبه‌پسیو^۵ سطح نمونه‌ی فولادی در این میزان

از pH و از سوی دیگر به مقاومت الکتریکی نسبتاً بالای محلول بدلیل غلظت پایین یون‌های کلر شسته شده از عایق مرتبط دانست [۱۳-۱۴].

در حقیقت در این شرایط عامل تعیین‌کننده‌ی سرعت خوردگی، نرخ نفوذ اکسیژن از میان فیلم شبه پسیو تشکیل شده می‌باشد. مقدار بسیار اندک اکسید آهن شناسایی شده در الگوی پراش پرتو ایکس نمونه‌ی A (شکل ۳) مؤید سرعت خوردگی پایین فولاد در این شرایط است.

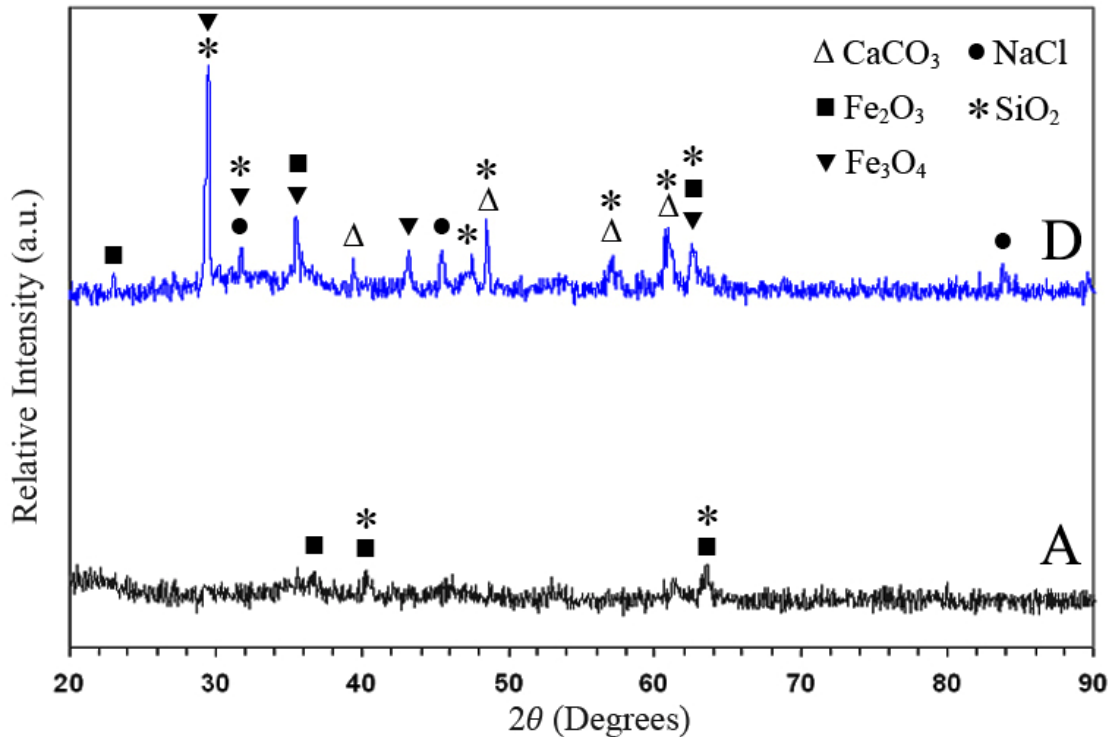
در آزمون‌های پلاریزاسیون تافل با افزایش دما از ۲۰ تا ۶۰ درجه‌ی سانتیگراد عملاً بدلیل افزایش نرخ نفوذ اکسیژن، سرعت خوردگی نمونه‌های فولادی نیز افزایش یافته است (شکل ۴). شیب‌های کاتدی مربوط به این نمونه‌ها (A، B و C) مؤید این تغییر هستند.



شکل (۲): منحنی‌های حاصل از آزمون پلاریزاسیون تافل برای فولاد در چهار دمای متفاوت.

جدول (۳): نتایج آزمون‌های کاهش وزن و پلاریزاسیون تافل.

نمونه	دما (°C)	پلاریزاسیون تافل				کاهش وزن
		$i_{\text{corr}}(\mu\text{A}/\text{cm}^2)$	$E_{\text{corr}}(\text{mV})$	$\beta_c(\text{mV}/\text{dec.})$	C.R.(mpy)	C.R.(mpy)
A	۲۰	۷/۸	-۶۱۰	۷۵۲	۳/۵	۲/۴
B	۴۰	۱۵/۱	-۵۶۴	۴۵۷	۶/۸	۷/۸
C	۶۰	۱۹/۶	-۵۳۷	۳۸۹	۸/۸	۱۰/۶
D	۸۰	۱۴/۸	-۴۵۶	۲۳۴	۶/۶	۱۵/۸



شکل (۳): الگوی پراش پرتو ایکس مربوط به نمونه‌های A و D.

بالاتری را نسبت به آزمون‌های تافل بدست داده‌اند. نسبت سرعت خوردگی در آزمون‌های کاهش وزن به آزمون‌های پلاریزاسیون تافل حداقل ۰/۶۹ (نمونه A) و حداکثر ۲/۳۸ (نمونه D) می‌باشد.

دلیل ایجاد تغییر در نسبت R را می‌توان در چند عامل مهم جستجو کرد: الف) اکسیژن موجود در محلول آزمون کاهش وزن بدلیل ویژگی سل لوله‌ای در مقایسه با آزمون تافل توانایی خروج از آن را نداشته، لذا فرآیند خوردگی علاوه بر سایر عوامل تحت تأثیر مداوم وجود اکسیژن قرار داشته است، ب) شکل‌گیری سیکل خشک و تر شدن که بصورت روزانه اتفاق افتاده سبب وقوع فرآیند احیاء شتاب یافته‌ی اکسیژن بر اثر کاهش ضخامت لایه‌ی الکترولیت شده است و ج) بدلیل ویژگی فصل مشترک فلز - عایق و عدم چسبندگی کامل میان این دو، محصولات خوردگی بصورت غیریکنواخت بر روی سطح تشکیل شده‌اند (شکل ۶).

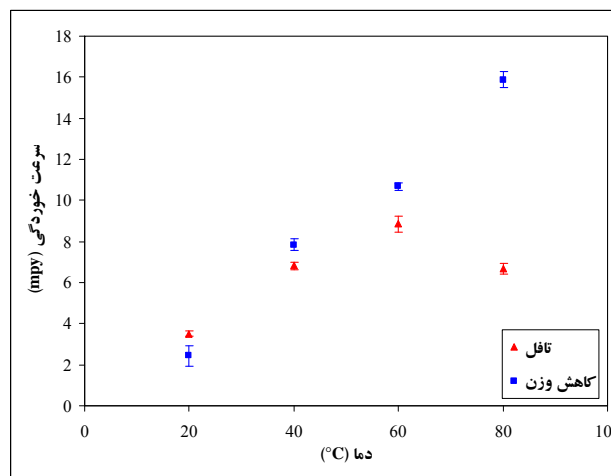
البته در این میان کاهش در سرعت خوردگی از دمای ۶۰ به ۸۰ درجه‌ی سانتیگراد دیده می‌شود که این موضوع را می‌توان ناشی از خروج اکسیژن از محلول (بسته نبودن سیستم) دانست. افزایش دما همچنین سبب افزایش پتانسیل خوردگی شده است. در آزمون‌های کاهش وزن با تغییر دما از ۲۰ تا ۸۰ درجه‌ی سانتیگراد عملاً بدلیل شکل‌گیری یک سیستم بسته، سرعت خوردگی با سیری صعودی مواجه بوده است (شکل ۴). تحت چنین وضعیتی علاوه بر اثرات افزایش دما، رطوبت در تماس با سطح فلز از اکسیژن اشباع شده لذا خوردگی شتاب یافته است [۷]. شدت نسبی پیک‌های مربوط به اکسید آهن در الگوی پراش نمونه‌ی D در مقایسه با نمونه A ی بیان‌گر شکل‌گیری محصولات خوردگی بیشتری در سطح نمونه‌ی D است.

در شکل (۵) مقایسه‌ای میان میانگین نسبت‌های سرعت‌های خوردگی بدست آمده از آزمون کاهش وزن به پلاریزاسیون تافل (R) انجام شده است. مشاهده می‌شود به غیر از یک مورد در سایر موارد آزمون‌های کاهش وزن، سرعت خوردگی

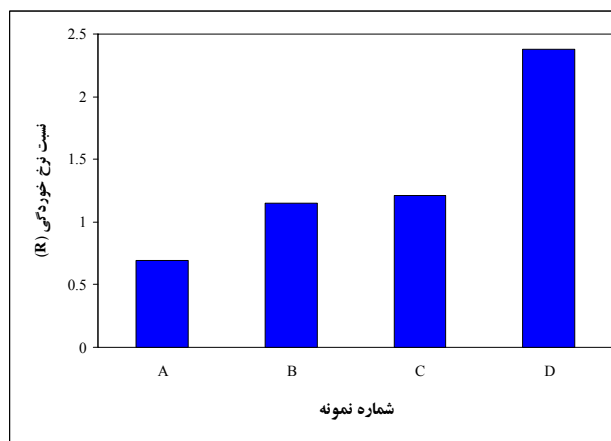
فولادهای کربنی عملاً در محیط‌هایی با قلیائیت بالا پسیو می‌شوند. با این حال چنانچه یون‌های کلر یا از طریق شسته شدن عایق و یا منابع خارجی رطوبت به فصل مشترک فلز-عایق منتقل شوند، تمایل به شکست لایه‌ی پسیو وجود دارد [۱۳]. واضح است بسته به میزان رطوبت، غلظت یون کلر می‌تواند از حالت اشباع (به‌هنگام تجمع مقادیر اندک رطوبت) تا کسری از آن (به هنگام تجمع مقادیر بالاتر رطوبت) تغییر نماید. همچنین در اثر افزایش دما نیز بدلیل تبخیر رطوبت، غلظت یون کلر افزایش می‌یابد [۱۴].

در شکل (۷) منحنی‌های پلاریزاسیون سیکنی نمونه‌های فولادی در تماس با محلول حاصل از شستن عایق پشم‌سنگ در دماهای متفاوت نشان داده شده‌اند. در هیچ یک از این منحنی‌ها انتقال از حالت فعال به غیرفعال دیده نمی‌شود. در حقیقت چنین رفتاری را می‌توان ناشی از شکل‌گیری یک لایه‌ی اکسیدی در محدوده‌ی پتانسیل مدار باز بر روی سطح نمونه‌های فولادی دانست. این لایه‌ی اکسیدی برای تمامی نمونه‌ها در محدوده‌ی وسیعی از پتانسیل پایدار بوده و دارای مقاومت الکتریکی بالایی نمی‌باشد. رویش پتانسیل در جهت عکس سبب شکل‌گیری یک حلقه‌ی هیستریزس با علامت مثبت در تمامی منحنی‌ها شده است. این موضوع نشان می‌دهد با آن که میزان یون کلر موجود در عایق پشم‌سنگ پایین می‌باشد با این حال امکان تشکیل حفره‌ها وجود دارد.

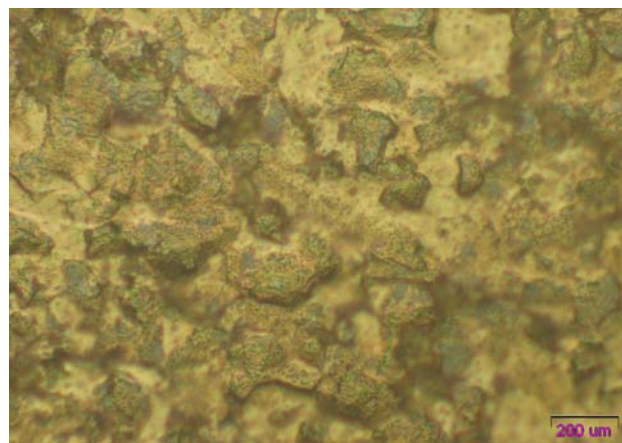
مشاهدات میکروسکوپی سطوح نمونه‌های A، B، C و D پس از آزمون‌های کاهش وزن مؤید وقوع خوردگی موضعی می‌باشد (شکل (۸)). همچنان‌که از منحنی‌های پلاریزاسیونی و بررسی‌های میکروسکوپی مشخص است افزایش دما از ۲۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد سبب شدت یافتن خوردگی موضعی شده است. دلیل این موضوع را می‌توان جذب الکترواستاتیکی بیشتر یون‌های کلر موجود در محلول انجام آزمایش بر روی سطح نمونه‌های فولادی در اثر افزایش دما دانست، که این موضوع شکست لایه‌ی پسیو را با خود به‌همراه دارد [۱۵].



شکل (۴): مقایسه سرعت خوردگی حاصل از آزمون‌های تافل و کاهش وزن.



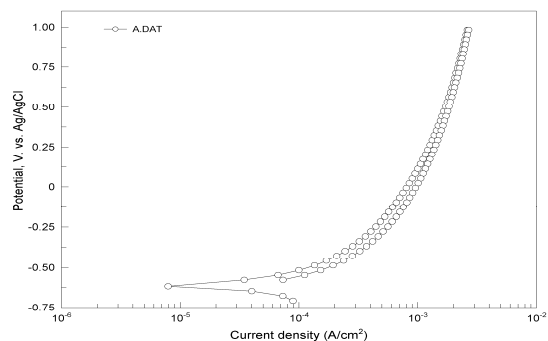
شکل (۵): میانگین نسبت سرعت خوردگی آزمون‌های کاهش وزن به پلاریزاسیون تافل.



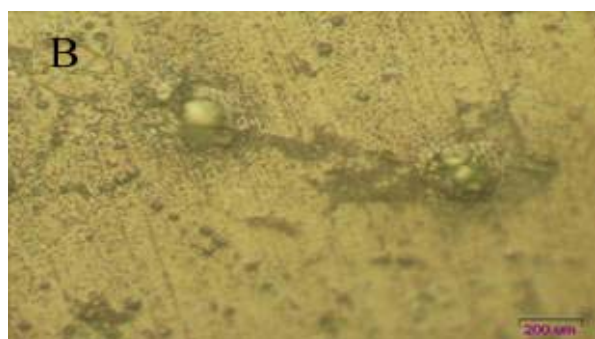
شکل (۶): نمونه‌ای از غیر یکنواختی محصولات خوردگی بر روی سطح نمونه‌های آزمون کاهش وزن (نمونه‌ی D).



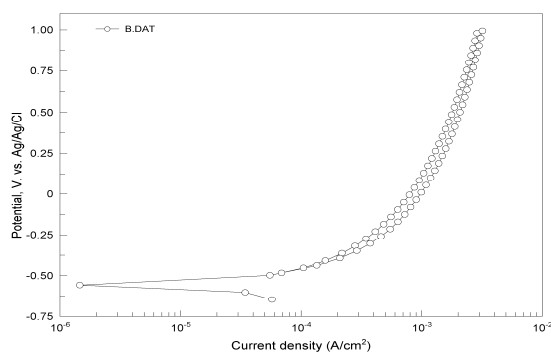
(الف)



(الف)



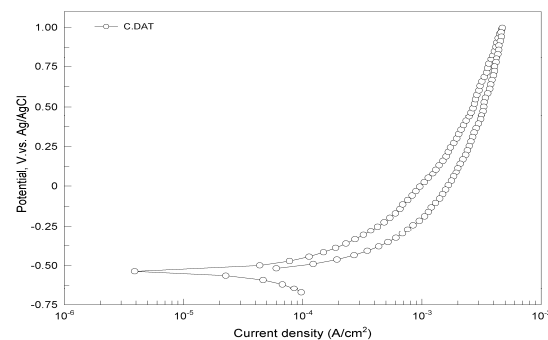
(ب)



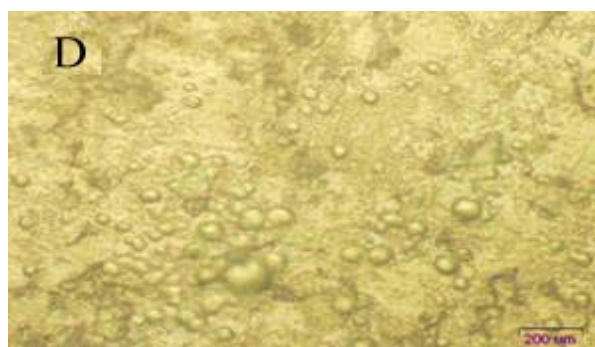
(ب)



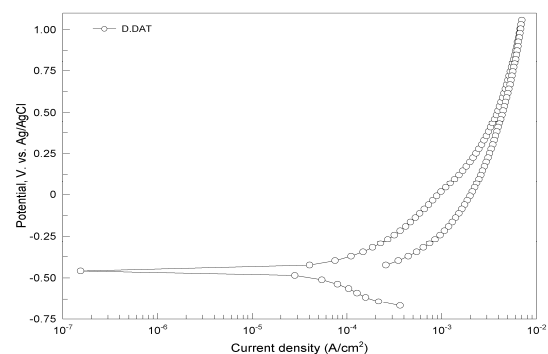
(ج)



(ج)



(د)



(د)

شکل (۷): منحنی‌های حاصل از آزمون پلاریزاسیون نافل برای فولاد در دماهای: (الف) ۲۰، (ب) ۴۰، (ج) ۶۰ و (د) ۸۰ درجه سانتیگراد.

شکل (۸): تصویر میکروسکوپی از سطوح نمونه‌های فولادی پس از آزمون کاهش وزن: (الف) ۲۰، (ب) ۴۰، (ج) ۶۰ و (د) ۸۰ درجه سانتیگراد.

- [2] ASTM Standard, "Standard Guide for Laboratory Simulation of Corrosion under Insulation", ASTM G189-07, 2007.
- [3] M. S. Kumar, M. Sujata, M.A.Venkataswamy, S.K. Bhaumik, "Failure analysis of a stainless steel pipeline", Engineering Failure Analysis, Vol. 15, Issue 5, pp. 497-504, 2008.
- [4] T.H. Erickson, L. Dash, J.J. Murali and C.R. Ayers, "Predicting the Progression of Wetness and Corrosion under Insulation Damage in Aboveground Pipelines", Paper Number 10373, NACE Corrosion Conference & Expo, 2010.
- [5] M. Lettich, "Is There A Cure for Corrosion under Insulation", Insulation Outlook Magazine, 2005.
- [6] P.J. Dunn, R. Norsworthy, "Control of Corrosion under Insulation", ASHRAE Journal, Vol. 45, No. 3, pp. 32-39, 2003.
- [7] ASTM Standard, "Standard Practice: The Control of Corrosion Under Thermal Insulation and Fireproofing Materials - A Systems Approach", NACE Standard RP0198-2010, Item No. 21084, 2010.
- [8] P. Lazar, "Factors Affecting Corrosion of Carbon Steel Under Thermal Insulation," Corrosion of Metals Under Thermal Insulation, ASTM STP 880, W.I. Pollock and J.M. Barnhart, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 11-26, 1985.
- [9] ISO 9229, "Thermal insulation-Vocabulary", 2007.
- [10] S. Winnik, European Federation of Corrosion Publications Number 55: Corrosion-under-insulation (CUI) guidelines, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 2008.
- [11] STM Standard, "Standard Test Methods for Chemical Analysis of Thermal Insulation Materials for Leachable Chloride, Fluoride, Silicate, and Sodium Ions", ASTM C871-00, 2000.
- [12] ASTM Standard, "Standard Practice for Quantitative Accelerated Laboratory Evaluation of Extraction Solutions Containing Ions Leached from Thermal Insulation on Aqueous Corrosion of Metals", ASTM C1617-09, 2009.
- [13] E. E. Stansbury, "Effects of Aeration on Corrosiveness of Wet Residential Building Thermal Insulation on Low Carbon Steel," Insulation Materials: Testing and Applications, 2nd Vol, ASTM STP 1116, R.S. Graves, D.C. Wysocki, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 603-618, 1991.
- [14] E. E. Stansbury, "Corrosiveness of Wet Residential Building Thermal Insulation-Mechanisms and Evaluation of Electrochemical Methods for Assessing Corrosion Behavior", OAK Ridge National Laboratory Report ,1991.

[۱۵] م. صارمی و ا. محلاتی، بررسی الکتروشیمیایی اثر بازدارندگی نیتريت سدیم بر خوردگی فولاد کربنی در محلول مشابه بتن، نشریه دانشکده فنی (دانشگاه تهران)، جلد ۳۶، شماره ۴، ص ۵۷۰-۵۳۶، اسفند ۱۳۸۱.

۴- نتیجه گیری

۱- نتایج آزمون‌های صورت پذیرفته مطابق با استاندارد ASTM C871 نشان داد، محلول حاصل از شستن عایق پشم سنگ دارای خصلت قلیایی بوده و حداکثر مقدار یون کلر شسته شده ۶ppm می‌باشد.

۲- احیاء اکسیژن، واکنش کاتدی غالب در ایجاد خوردگی برای نمونه‌های فولادی در تمامی دماها تشخیص داده شد. در حقیقت سرعت نفوذ اکسیژن از میان محصولات خوردگی تشکیل شده بر روی سطح نمونه‌های فولادی عامل کنترل کننده سرعت خوردگی می‌باشد.

۳- با افزایش دما، آزمون‌های کاهش وزن در مقایسه با آزمون‌های پلاریزاسیون تافل سرعت خوردگی بیشتری را بدست دادند. این موضوع بر شکل گیری سیستم بسته و همچنین تأثیرگذاری فصل مشترک عایق مرطوب و فولاد بر فرآیند خوردگی تأکید دارد.

۴- آزمون‌های پلاریزاسیون سیکلی نشان دادند در تمامی دماها لایه‌ای اکسیدی در محدوده‌ی پتانسیل مدار باز بر روی سطح نمونه‌های فولادی تشکیل می‌شوند که این موضوع نشان دهنده رفتار شبه‌پسیو سطح نمونه‌های فولادی در محلول حاصل از شستن عایق می‌باشد.

۵- روبش پتانسیل در جهت عکس سبب شکل گیری یک حلقه‌ی هیستریزس با علامت مثبت در منحنی‌های پلاریزاسیون سیکلی در تمامی دماها شده است. افزایش دما سبب شدت یافتن خوردگی موضعی بر روی سطح نمونه‌های فولادی گردید.

۵- تشکر و قدردانی

بدینوسیله از مسئول آزمایشگاه خوردگی فلزات دانشکده‌ی مهندسی مواد دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد جناب آقای مهندس امیرخانی بدلیل همکاری صادقانه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶- مراجع

- [1] R. D. Kane, M.M. Chauviere and K.Chustz, "Evaluation of Steel and TSA Coating in a Corrosion under Insulation (CUI) Environment", Paper Number 08036, NACE Corrosion Conference & Expo, 2008.

۷- پی نوشت

- 1- Corrosion under Insulation
- 2- Exxon Mobile
- 3- Rockwool Insulation

۴- شرکت پشم و سرباره آسیا

- 5- Pseudo Passivation