

اثر سدیم هگزامتافسفات بر خوردگی فولاد کربنی در آب برج های خنک کننده و بررسی اثر هم افزایی یون روی

علیرضای ریاد^۱، علیرضا رحیمی زیناب^۲، مصیب چقازردی^۳
گروه الکتروشیمی و مواد بازدارنده، پژوهشکده حفاظت صنعتی، پژوهشگاه صنعت نفت
rezaierodar@ripi.ir

چکیده

در این تحقیق به بررسی اثر بازدارندگی سدیم هگزامتافسفات و یون روی (Zn) و همچنین مخلوط این دو ماده بر رفتار خوردگی آلیاژ کربن استیل در آب برج خنک کننده پرداخته شد. نمونه آب مورد استفاده از یکی از برج های خنک کننده پژوهشگاه صنعت نفت تهیه شده و مورد آنالیز قرار گرفت. اثر کلی بازدارندگی سدیم هگزامتافسفات و یون روی در غلظت های مختلف و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و همچنین در pH تقریباً ثابت برابر ۸/۵، به روش امپدانس الکتروشیمیایی و همچنین روش کاهش وزن مورد بررسی قرار گرفت. همچنین جهت بررسی کارایی بازدارنده در دمای بالا آزمایش های برآورد مقدار خوردگی در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد (حداکثر دمای آب برج ها) هم مورد بررسی قرار گرفت و در هر مورد درصد محافظت از خوردگی گزارش شد. نتایج بدست آمده نشان دادند که سدیم هگزامتافسفات در غلظت ۲۰ ppm بالاترین قدرت بازدارندگی را دارد ولی در مقادیر بالاتر عملکرد آن ضعیف می شود. همچنین افزایش یونهای روی به محلول آبی حاوی سدیم هگزامتافسفات موجب بهبود کارایی آن شد. در غلظت ۲۰ ppm از سدیم هگزامتافسفات و ۴ ppm از یون روی بهترین عملکرد بدست آمد. مخلوط بهینه بازدارنده در دمای بالا با وجود کاهش کارایی نسبت به دمای پایین، عملکرد قابل قبولی ارائه داد.

واژه های کلیدی: سدیم هگزامتافسفات، یون روی، بازدارنده خوردگی، برج خنک کننده

^۱ . مسئول پروژه. گروه الکتروشیمی و مواد بازدارنده، پژوهشکده حفاظت صنعتی، پژوهشگاه صنعت نفت
^۲ . پژوهنده. گروه الکتروشیمی و مواد بازدارنده، پژوهشکده حفاظت صنعتی، پژوهشگاه صنعت نفت
^۳ . پژوهنده. گروه الکتروشیمی و مواد بازدارنده، پژوهشکده حفاظت صنعتی، پژوهشگاه صنعت نفت

۱. مقدمه

برج های خنک کن (کولینگ تاور) سیرکوله، خنک کنندگی را از راه تبخیر آب و همچنین با انتقال حرارت مستقیم به هوا هنگام عبور مستقیم آن از درون برج ایجاد می کنند. برای اطمینان از حداکثر انتقال حرارت، سطوح انتقال حرارت باید در حد امکان تمیز نگه داشته شود. در صورت افزایش غلظت مواد معدنی در برج خنک کن، امکان تجمع رسوب و خوردگی افزایش یافته و باعث کاهش کارایی برج می شود، بنابراین تصفیه آب موجب بهره برداری موثرتر از واحد انتقال حرارت خواهد بود. تمام خواص شیمیایی اصلی آب، مستقیماً بر چهار مشکل اساسی سیستم موثرهستند که عبارتند از : خوردگی، تشکیل رسوب، تجمع لجن و آلودگی میکروبی.

تحقیقات زیادی روی استفاده از مواد بازدارنده و کاهنده خوردگی آلیاژهای مختلف برجهای خنک کن انجام گرفته است. در یک بررسی از مخلوط بازدارنده‌ها برای کاهش مقدار خوردگی و همچنین رسوبگذاری برج استفاده شد. نتایج بررسی حاکی از این بود که دی اتیل دی تیو کاربامات در ترکیب با یون روی و همچنین یک بازدارنده فسفوناتی قدرت خوبی در کاهش خوردگی و ممانعت از رسوبگذاری سیستم دارد [1]. تویر (Touir) و همکارانش از مخلوط یونهای مولیبدات و یک ترکیب نیتروژن دار برای بررسی خوردگی در آب برج خنک کن استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که یون مولیبدات در مقدار یک میلی مولار به همراه ۴۸ppm از بازدارنده نیتروژن دار مقدار خوردگی آلیاژ کربن استیل را تا ۹۰ درصد کاهش میدهد [2].

گزارشات موجود نشان می دهد استفاده از سدیم هگزا متافسفات در محدوده کمتر از ۲۵ppm در جلوگیری از رسوب کربنات کلسیم موثر است [3] و از طرف دیگر این ماده تا حدی کارایی بازدارندگی خوردگی در آب لوله کشی نیز دارد [4].

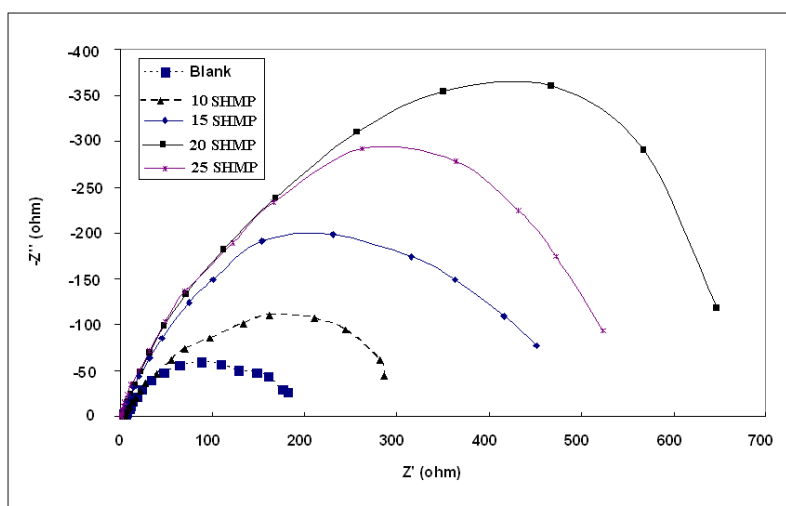
در این بررسی رفتار بازدارندگی و خاصیت ضد خوردگی این ماده با استفاده از روش امپدانس الکتروشیمیایی بررسی شده و از آنجا که بررسی ها نشان دهنده توانایی نسبتاً پایین این ماده برای جلوگیری از خوردگی می باشد، بمنظور افزایش کارایی آن از یونهای روی نیز استفاده شده است.

۲. روش کار

۲-۱. بررسی رفتار الکتروشیمیایی کربن استیل در آب برج خنک کن و در حضور سدیم هگزامتافسفات

در آزمایشهای الکتروشیمیایی از آلیاژ فولاد کربنی بعنوان الکتروود کار استفاده شد. همچنین در سیستم سه الکترودی الکتروود مرجع کالومل و الکتروود مقابل گرافیتی بکار رفت. آب برج خنک کننده از یکی از برجهای پژوهشگاه صنعت نفت تهیه شد و آزمایشهای امپدانس الکتروشیمیایی در دمای ۴۵ درجه و در pH حدود ۸/۵ انجام گرفتند.

شکل ۱ رفتار الکتروشیمیایی کربن استیل را در آب برج در غلظت های مختلف سدیم هگزامتافسفات در محدوده غلظت ۲۵ppm - ۱۰ نشان می دهد.



شکل-۱- منحنی های امپدانس بازدارنده سدیم هگزامتافسفات در غلظت های مختلف

همانطور که در این منحنی ها دیده می شود با افزایش غلظت بازدارنده مقاومت پلاریزاسیون افزایش می یابد. اما از آنجا که براساس بررسی های انجام شده قبلی [۳] افزایش غلظت بازدارنده باعث کاهش توانایی آن در میزان خاصیت ضد رسوبی می شود بنابراین بررسی رفتار خوردگی در غلظت های بالاتر مورد نظر نمی باشد. بررسی مقادیر مقاومت پلاریزاسیون در غلظت های مختلف و براساس رابطه (۱)

$$IE = (R_i - R_p / R_i) \times 100 \quad (1)$$

نشان دهنده حداکثر میزان محافظت در غلظت ۲۰ ppm می باشد که این میزان محافظت (۷۰ درصد $IE =$) در حد توانایی یک بازدارنده نسبتاً خوب می باشد.

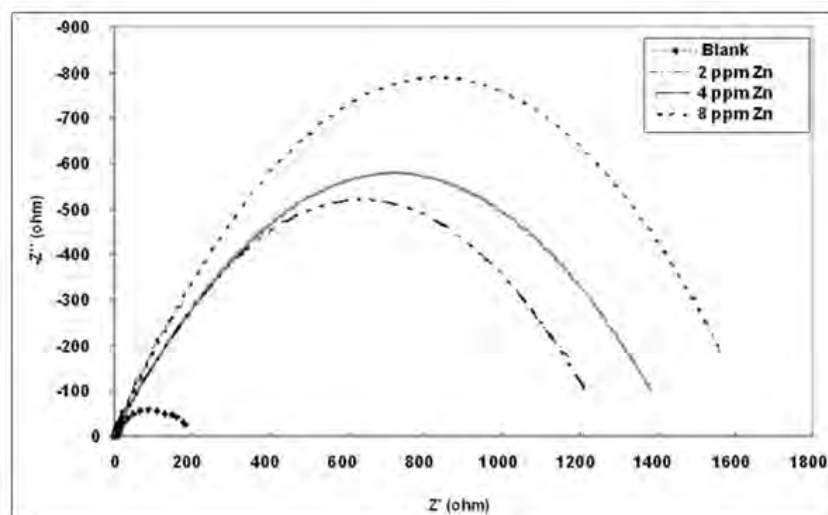
در رابطه (۱) R_p و R_i مقاومت الکتروشیمیایی کربن استیل به ترتیب در حضور ماده بازدارنده و در غیاب آن (محلول شاهد یا همان آب برج) می باشد که از نمودارهای پلاریزاسیون به دست می آیند.

مکانیسم محافظتی و تشکیل فیلم سطحی می تواند براساس جذب آنیون های فسفریل با اتم های آهن در سطح فلز باشد که این احتمال با بررسی های انجام شده در مورد وجود یک ساختار حلقوی از هگزامتافسفات که توانایی تشکیل کمپلکس با اتم های آهن را دارد تقویت می شود [5].

۲-۲. بررسی رفتار الکتروشیمیایی کربن استیل در آب برج خنک کن و در حضور یونهای روی

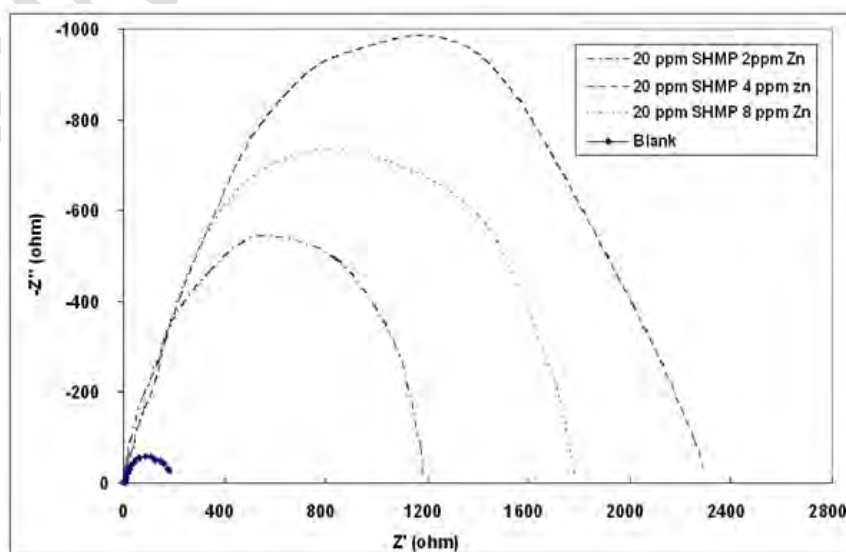
شکل ۲ نشان دهنده رفتار الکتروشیمیایی یونهای روی در محدوده غلظت ۲ - ۸ ppm می باشد. همانطور که در منحنی ها دیده می شود با افزایش غلظت بازدارنده شعاع منحنی های ناپکیویست افزایش یافته و در نتیجه مقاومت فلز بالا رفته است. با توجه به غلظت یون کلراید موجود در محلول (۱۵۰ ppm) مقدار بازدارنده روی در حد ۸ ppm مناسب به نظر می رسد. باید توجه داشت که این بازدارنده از نوع کاتیونی بوده و با کاهش فلز روی در سطح آهن سطح آن روئین (غیر فعال) می شود. میزان افزایش شعاع منحنی ناپکیویست در مورد بازدارنده روی، بزرگتر از شعاع منحنی ها در مورد بازدارنده هگزامتافسفات

می‌باشد که نشان‌دهنده توانایی بیشتر محافظت از خوردگی در مورد بازدارنده روی می‌باشد. محاسبه میزان محافظت در بالاترین غلظت مصرفی از فلز روی (۸ ppm) بیانگر حدود ۹۰ درصد محافظت می‌باشد که میزان قابل ملاحظه‌ای می‌باشد.



شکل ۲- منحنی‌های امپدانس برای کربن استیل در آب برج خنک کن و در حضور بازدارنده روی در غلظت‌های مختلف

به منظور افزایش بیشتر محافظت از خوردگی بررسی مخلوط این دو بازدارنده در شرایط بهینه هگزامتافسفات و غلظت‌های مختلف روی صورت گرفت. در شکل ۳ نمودار نایکویست این دو بازدارنده نشان‌دهنده نسبت بهینه بصورت ۲۰ ppm از هگزامتافسفات و ۴ ppm از یونهای روی (در شرایط ۱۵۰ ppm از یون کلراید محلول) می‌باشد. همانطور که دیده می‌شود مخلوط این دو بازدارنده با غلظت‌های فوق میزان محافظت بسیار بالایی در سیستم ایجاد می‌کند (بالاتر از ۹۹ درصد). با توجه به ماهیت کاتیونی و آنیونی این دو بازدارنده، مخلوط این دو می‌تواند منجر به کاهش جریان آندی و نیز کاهش جریان کاتدی و کاهش قابل ملاحظه خوردگی نسبت به استفاده از آنها بصورت تک جزیی شود.



۳. آزمایش‌های کاهش وزن

آزمایش‌های کاهش وزن با روش غوطه‌وری کوپن کربن استیل در آب برج در حضور و در غیاب بازدارنده‌ها انجام گرفتند. به منظور مشاهده اثرات خوردگی به صورت کاهش وزن و اطمینان از بروز خوردگی موضعی آزمایشات مربوطه انجام گرفته است (جدول ۱).

جدول یک - اثر دما بر کارایی بازدارنده خوردگی در آزمایشات کاهش وزن

غلظت بازدارنده برج خنک کننده و درصد محافظت	20ppmSHMP	20ppmSHMP	20 ppmSHMP
	2ppmZn	4ppmZn	8ppmZn
درصد محافظت (دمای ۲۵ درجه سانتیگراد)	۹۰	۹۹	۹۶
درصد محافظت (دمای ۴۵ درجه سانتیگراد)	۷۲	۸۸	۹۱

از آنجا که افزایش دما می‌تواند باعث کاهش کارایی بازدارنده خوردگی شود یک بررسی وزنی در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد نیز صورت گرفته است که نتایج آنها در جدول یک آورده شده است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد همانطور که از منحنی‌های امپدانس قابل پیش‌بینی بود، نسبت مناسب از یونهای روی و آنیون سدیم هگزامتاسففات باعث محافظت بسیار بالا بدون ایجاد خوردگی موضعی می‌گردد. همانطور که در جدول یک دیده می‌شود افزایش دما منجر به کاهش میزان محافظت بازدارنده می‌شود که این مسئله با توجه به تضعیف شدن پیوند کمپلکس فسفریل-آهن می‌تواند قابل انتظار باشد اما حضور یونهای روی در مخلوط به دلیل توانایی محافظت بالاتر نسبت به آنیون‌های کمپلکس کننده مانع افت زیاد توانایی محافظت بازدارنده دو جزئی می‌شود و میزان افت بازدارندگی در نمونه دارای حداکثر غلظت روی، کمتر است.

۴. نتیجه‌گیری

بررسی‌های انجام شده بر اساس روش امپدانس الکتروشیمیایی و روش کاهش وزن در این تحقیق نشان می‌دهد که سدیم هگزامتاسففات تا غلظت ۲۰ ppm روی آلیاژ کربن استیل بازدارندگی خوردگی نشان می‌دهد اما در بالاتر از این مقدار از قدرت بازدارندگی آن کاسته می‌شود همچنین این بازدارنده به تنهایی کارایی قابل قبولی در این مورد ندارد. نتایج نشان داد که افزایش یون روی در محلول‌های حاوی سدیم هگزامتاسففات باعث عملکرد بهتر آن می‌شود. بهترین نتیجه در غلظت‌های ۲۰ ppm و ۴ ppm به ترتیب برای سدیم هگزامتاسففات و روی بدست آمد. همچنین با افزایش دما از ۲۵ درجه به ۴۵ درجه سانتیگراد قدرت بازدارندگی مخلوط بازدارنده اندکی کاهش می‌یابد ولی در حد قابل قبول است.

قدردانی و تشکر

در پایان لازم می‌دارم از زحمات جناب آقایان مهندس غفاریان و مهندس کاملی که با در اختیار گذاری تجربیات گرانقدرشان ما را در این پژوهش یاری کردند تشکر نمایم.

مراجع

- [1] P. K. Gogoi and B.Barhai, Indian journal of chemical technology, 17, 2010, p. 291-295
- [2] M. Cenoui, N. Dkhireche, O. Kassou, M. Ebn Touhami, R. Tourir, A. Dermaj, N. Hajjaji, J. Mater. Environ. Sci. 1, 2010, p. 84-95
- [3]G.B.Hatch , O.Rise . Ind.Chem., 31, 1939, p.15.
- [4]Harish Kumer. Indian J Chem.Technology, 17, 2010, p.181.
- [5]Morris Choen . J.Elelectrochem.Soc., 89, 1964, p.105.