

بررسی رفتار بازدارنده‌های محلول در آب در کاهش نرخ خوردگی واحد نمک‌زدایی

جلیل عرب‌زاده*، مونا گلچین‌پور، معاونت امور مهندسی وزارت نفت

چکیده

اثر دو نوع ممانعت‌کننده‌ی آلی خوردگی محلول در آب با پایه‌ی ایمیدازولین روی فولاد کربنی در واحد نمک‌زدایی با روش‌های مختلف مطالعه شده است. در آغاز از طریق آزمایش چرخ‌دوار با غلظت‌های مختلف هر دو نوع ممانعت‌کننده‌ی ذکر شده، درصد حفاظت آنها در محیط نفت نمکی به‌دست آمد و از طریق آزمایش کاهش وزن، سرعت خوردگی در این محیط با و بدون غلظت‌های مختلف ممانعت‌کننده‌های مذکور در دماهای ۳۰ و ۶۰ درجه‌ی سانتیگراد محاسبه شد. سپس با افزودن ۲۰۰ ppm از ماده‌ی اکسیژن‌زدا با پایه‌ی بی‌سولفیت به این ممانعت‌کننده‌ها و محاسبه‌ی سرعت خوردگی و درصد حفاظت، کاهش شدید خوردگی و بهبود شرایط خوردگی سیال مشاهده شد.

واژگان کلیدی | آزمایش چرخ‌دوار، فولاد کربنی، ماده‌ی اکسیژن‌زدا، ممانعت‌کننده‌ی خوردگی، واحد نمک‌زدایی

مقدمه

در مخازن زیرزمینی نفت خروجی از چاه به‌صورت ترکیبی از نفت، آب نمک و گاز طبیعی منتقل می‌شود. دی‌اکسید کربن گاز طبیعی در آب نمک حل شده و اسید کربنیک ضعیف تشکیل می‌دهد که اغلب باعث خوردگی‌های شدید در خطوط لوله‌ی فولادی می‌گردد. این مسئله نیاز به انتخاب روش‌های کنترل خوردگی در میداین نفتی را ضروری می‌سازد. ممانعت‌کننده‌های شیمیایی برای کنترل خوردگی بسیار بااهمیت هستند. انتخاب صحیح ممانعت‌کننده به شناخت صحیح شرایط عملیاتی از جمله دما، فشار عملیاتی، خواص سیال، PH محلول و شرایط جریان سیال بستگی دارد [۱ و ۲].

فولاد کربنی اغلب در ساخت خطوط لوله‌ی صنایع نفت به‌کار می‌رود. بسیاری از مشکلات خوردگی این خطوط لوله، در اثر خورنده بودن مایع درون آنهاست. این مایع ممکن است شامل نفتی حاوی آب و گوگرد باشد؛ آب سازند با مقدار نمک زیاد یا آب دریا. هرچند تمام آب‌هایی که از درون این خطوط می‌گذرند شامل مقدار زیادی یون کلرید و مقدار قابل توجهی آنیون سولفات هستند و به‌همین دلیل تزیق ممانعت‌کننده‌های خوردگی در محل‌های مختلف این لوله‌ها بسیار مهم است [۳]. پیشگیری از خوردگی فولادهای کربنی در محلول‌های آبی توسط ترکیبات آلی [۴ و ۵] و غیرآلی [۶ و ۷] و همچنین اثر هم‌افزایی این ممانعت‌کننده‌ها [۸ و ۹] و [۱۰ و ۱۱] و [۱۲ و ۱۳ و ۱۴].

به‌گسترده‌ی مطالعه شده‌اند.

فولاد کم‌کربن عموماً در محیط‌های آبی خنثی، رفتار غیرفعال نشان می‌دهد و خوردگی آن به خواص فیلم اکسیدی سطحی آن بستگی دارد [۱۵ و ۱۶]. خوردگی شدید اغلب در اثر خواص آب مشاهده می‌شود که به‌وضوح به سختی آن ارتباط دارد. به‌طور کلی آب با سختی زیاد کربنات، خورنده نیست اما ایجاد رسوب روی خطوط لوله و مبدل‌های حرارتی را تسهیل می‌کند. آب سبک رسوب ایجاد نمی‌کند اما بسیار خورنده است. به‌عبارت دیگر خوردگی آب توسط مقدار کلرید و سولفات و همچنین میزان سختی نمک‌های آن برای فولاد مشخص می‌شود. فلزات غیرفعال عموماً توسط فرآیندی که در لایه‌ی اکسیدی سطحی آنها اتفاق می‌افتد خورده می‌شوند [۱۷].

۱- واکنش‌ها و فرآیندهای خوردگی

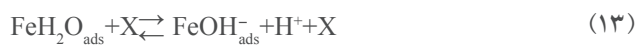
فرآیند خوردگی فولاد مانند خوردگی هر فلز دیگر در نتیجه‌ی ظهور نواحی آندی و کاتدی است که سبب تشکیل جفت‌های الکتروشیمیایی روی سطح فلز می‌شود. فولاد در حالت اصلی به‌شکل فلزی با سطح اکسیداسیون صفر است که در تماس با آب به‌صورت یون‌های Fe^{2+} با سطح اکسیداسیون ۲+ از فاز مایع می‌گذرد. این انتقال سبب آزاد شدن الکترون در داخل فلز می‌شود که واکنش آن به‌شکل رابطه‌ی ۱- است.



*نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (J.arabzadeh@mop.ir)



عموماً پذیرفته شده که سینتیک اکسیداسیون آندی فولاد در محیط اسیدی بستگی به جذب FeOH_{ads} میانی دارد. مکانیزم اکسیداسیون آندی فولاد که در حضور ممانعت کننده ایجاد می شود طبق واکنش های ۱۲ تا ۱۸ خواهد بود.



در اینجا گونه ی X می تواند مولکول ممانعت کننده باشد. این مکانیزم نشان می دهد که سینتیک واکنش آندی تحت تأثیر دو واکنش قرار می گیرد؛ یکی شامل هیدروکسیل جذب شده ($\text{FeOH}_{\text{ads}}^-$) و دیگری شامل جذب مولکول ممانعت کننده ($\text{FeX}_{\text{ads}}^-$). سرعت انحلال آندی (مرحله ی ۱۵) بستگی به محصولات واکنش ۱۳ دارد. اما دو واکنش رقابتی ۱۳ و ۱۴ بستگی به $\text{FeH}_2\text{O}_{\text{ads}}$ دارند. جابجایی مولکول های جذبی آب توسط گونه ی X می تواند بر واکنش ۱۵ مؤثر باشد.

۲- متدولوژی تحقیق

نمونه گیری آب همراه نفت از خروجی مخزن گاززدا و به محض ورود به واحد نمک زدایی در یکی از واحدهای نفتی در جنوب ایران انجام شده است. این آب، آب سازند است که پس از جدا شدن از نفت و قبل از اینکه هر گونه ماده ی شیمیایی به آن تزریق گردد از آن نمونه برداری شده و آنالیز شیمیایی آن در جدول ۱ ارائه گردیده است. وقتی این آب به همراه نفت وارد واحد نمک زدایی می شود باعث ایجاد خوردگی های زیادی در قسمت های درونی مخازن و خطوط لوله در این واحدها می شود؛ به طوری که هر ساله شاهد سوراخ شدن خطوط لوله، ایجاد نشستی و همچنین ایجاد خوردگی های شدید روی کف و بدنه ی مخازن واحدهای نمک زدایی هستیم.

به دلیل کنترل خوردگی در واحدهای نمک زدایی، در این تحقیق از دو نوع ممانعت کننده ی آلی محلول در آب^۲ استفاده شده است. برخی

واکنش احیاء همیشه در نواحی کاتدی اتفاق می افتد. یک ترکیب شیمیایی (یون یا مولکول) موجود در آب، یون های آزاد شده در فلز را می گیرد و به همین دلیل سطح اکسیداسیون این ترکیبات کاهش می یابد. این واکنش به شکل رابطه ی ۲ است.



ترکیب اکسید کننده عموماً اکسیژن حل شده است که به طور معمول در آب وجود دارد. یون های OH^- نیز ترکیبات احیاء کننده هستند. اکسیژن طبق واکنش ۳ از سطح اکسیداسیون صفر به سطح اکسیداسیون ۲ می رسد.



واکنش اصلی خوردگی که از ترکیب واکنش آندی و کاتدی به دست می آید به شکل رابطه ی ۴ است.



اگر مقدار اکسیژن حل شده کافی نباشد نخستین واکنش کاتدی که احتمال وقوع آن بیشتر است، احیاء یون های NO_3^- به یون های NO_2^- است. در واکنش ۵ نیتروژن از سطح اکسیداسیون ۵ به ۳ می رسد.



بنابراین یونیزه شدن فولاد سبب افزایش آزادسازی الکترون شده که این الکترون ها قبل از اینکه در واکنش کاتدی شرکت کنند در سطح فلز انباشته می شوند. در نتیجه به فلز یک بار الکتریکی منفی داده می شود و PH آب در نزدیکی نواحی کاتدی افزایش می یابد. همچنین آبی که وارد یک سیستم می شود عمدتاً شامل آنیون های NO_3^- ، Cl^- ، SO_4^{2-} ، OH^- ، CO_3^{2-} و HCO_3^- است. یون های Fe^{2+} موجود در نواحی آندی به سرعت با این آنیون ها واکنش داده و تشکیل کمپلکس های یونی یا مولکولی می دهند. واکنش های برگشت پذیری که اتفاق می افتند طبق روابط ۶ تا ۱۱ هستند.



۲-۲- آزمایش چرخ دوار^{۱۱}

هدف از این آزمایش فراهم کردن محیطی خورنده شبیه به وضعیت کارخانه‌های نمک‌زدایی جهت ارزیابی مواد ضد خوردگی است. ساختمان دستگاه مورد استفاده برای این آزمایش شامل صندوقچه درب‌داری است که موتوری متصل به یک محور دارد و روی آن محور صفحه‌ای فلزی قرار گرفته که ۱۸ عدد بطری استاندارد را در خود جای می‌دهد.

ضمن اینکه صفحه‌ی مشبک دیگری به‌صورت قرینه‌ی این صفحه قرار گرفته که بطری‌های مذکور را توسط پیچ‌های تعبیه شده مهار می‌کند. این دستگاه مجهز به کلیدهایی از قبیل کلید اصلی، کلید مکنده‌ی هوا، دو عدد کلید گرم‌مازا و کلید روشن و خاموش موتور

از خواص فیزیکی این ممانعت‌کننده‌ها در جدول ۲- نشان داده شده است. بعضی از ترکیبات شیمیایی موجود در این ممانعت‌کننده‌ها و درصد وزنی آنها نیز در جدول ۳- ارائه شده است.

۱-۲- شرح مختصر فرآیند واحد نمک‌زدایی

نفت خام همراه با آب نمک از واحد بهره‌برداری وارد کارخانه‌ی نمک‌زدایی شده و مستقیماً به سمت مخزن ائتلاف‌کننده‌ی ثقلی^۳ هدایت می‌شود. قبل از ورود نفت به این مخزن، نخست آب تازه از طریق مخزن آب رقیق‌کننده^۴ و توسط شیر مخلوط‌کننده به نفت اضافه می‌شود تا بدین وسیله غلظت آب نمک در نفت کاهش یافته و جدایش آن ساده‌تر انجام گیرد. مخزن ائتلاف‌کننده‌ی ثقلی، استوانه‌ای شکل بوده و عمل جدایش در آن بر اساس اختلاف وزن مخصوص نفت و آب نمک انجام می‌شود. نفت مخلوط شده با آب تازه توسط لوله به بالای مخزن هدایت شده سپس به‌صورت حلزونی از آن سرازیر می‌گردد. نفت جدا شده از آب نمک از سطوح بالایی مخزن ائتلاف‌کننده به مخزن نوسان‌گیر^۵ وارد و آب نمک جدا شده از نفت در کف مخزن ته‌نشین شده و توسط لوله‌ی ارتباطی وارد مخزن کف‌گیر^۶ می‌شود. نفت ذخیره شده در مخزن نوسان‌گیر نیز توسط پمپ و از طریق خطوط لوله‌ی ارتباطی وارد مخزن ائتلاف‌کننده‌ی الکتریکی^۷ می‌گردد. در این مخزن ذرات پراکنده‌ی آب نمک تحت تأثیر میدان الکتریکی جریان متناوب با ولتاژ بالا قرار می‌گیرد تا فیلم نفت اطراف قطره شکسته شده و در نهایت با به هم پیوستن قطرات کوچک و تشکیل قطرات بزرگ‌تر، سرعت ته‌نشینی آنها افزایش یابد. قسمت‌های داخلی مخزن ائتلاف‌کننده الکتریکی متشکل از الکترودهایی با جنس فولاد زنگ‌نزن است که توسط مبدل‌های برقی با ولتاژ بالا تغذیه می‌شوند. نفت خروجی از بالای مخزن ائتلاف‌کننده‌ی الکتریکی توسط پمپ به سمت واحد بهره‌برداری هدایت شده از آنجا جهت مصارف داخلی یا صادرات به‌سوی مراکز مربوطه فرستاده می‌شود. آب نمک ته‌نشین شده درون مخزن ائتلاف‌کننده الکتریکی توسط خطوط لوله ارتباطی به سمت مخزن کف‌گیر هدایت می‌شود. اما در صورتی که آب نمک خروجی از مخزن ائتلاف‌کننده الکتریکی هنوز به حد اشباع نرسیده و قابل استفاده باشد به‌سوی مخزن آب برگشتی^۸ هدایت می‌گردد تا دوباره استفاده شود. آب نمک از بالای مخزن کف‌گیر به‌صورت حلزونی به سمت پایین مخزن سرازیر می‌شود. از قسمت بالای این مخزن، نفت جدا شده از آب توسط لوله جمع‌آوری و به مخزن نوسان‌گیر وارد می‌شود. آب نمک جدا شده نیز از کف مخزن به‌سوی مخازن جداکننده‌ی ثقلی^۹ ارسال می‌گردد. در این مخازن باقیمانده‌ی ذرات نفت از آب نمک جدا شده و در نهایت این آب نمک که در اصطلاح به آن آب زائد^{۱۰} می‌گویند وارد فیلتر می‌گردد. این آب نمک پس از جدا کردن ذرات جامد، وارد مخزن ذخیره‌ی آب زائد^{۱۱} شده و از آنجا توسط پمپ به چاه‌های زیرزمینی تزریق می‌گردد.

جدول ۱ | آنالیز شیمیایی آب همراه نفت خروجی مخزن گاززدا قبل از ورود به واحد نمک‌زدایی

Tests	Method	Unit	Result
Alkalinity (PH=4.5)	SM 2320 B	mg/l	114
Dissolved Co2	SM 4500- Co2 C	mg/l	563
pH	ASTM 1294 - 84	-	6.15
Density at 20 °C	ASTM D1429-86	g/ml	1.135
Sodium	SM 3500- Na D	mg/l	63086
Potassium	SM 3500- K D	mg/l	1375
Calcium	ASTM D511- 92	mg/l	12400
Magnesium	ASTM D511- 92	mg/l	2089.8
Iron (Total)	SM 3500 Fe D	mg/l	45
Chloride	ASTM D4458-85	mg/l	126380
Sulphate	ASTM D4130- 82	mg/l	452
Bicarbonate	Calculated	mg/l	139.08
Suspended Solids	SM 2540 D	mg/l	1884
TDS @ 180 °C	SM 2540 C	mg/l	186.05
Total Hardness	Calculated	mg/l	39600
Temporary Hardness	Calculated	mg/l	114
Permanent Hardness	Calculated	mg/l	39486

جدول ۲ | برخی از خواص فیزیکی ممانعت‌کننده‌های خوردگی PL-464 و K-325

Name	Appearance	Density (g/ml) @ 25 °C	Pour Point °C	Flash Point °C	Solubility	pH
PL-464	Dark Brown Liquid	1.00 – 1.05	<-5	>65	Fresh Water and Brine	5
KI-325	Dark Brown qu.Liid	1.01	<-10	>100	Water Soluble	5.8-6.5



است. تصویر دستگاه و بطری‌های آن در شکل ۱- نشان داده شده است. جهت این آزمایش از آب خروجی مخزن گاززدا به‌عنوان محلول خورنده و کوپن‌های میله‌ای از جنس فولاد AISI-1018 به‌طول ۱۷۸ و قطر ۱/۶ میلی‌متر استفاده شده است.

آزمایش چرخ دوار برای ممانعت‌کننده‌های مذکور با مقادیر ۲۵ و ۵۰ ppm در ۶۰ و ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت انجام گردید. در پایان پس از شستشو با آب مقطر و خشک‌شدن به‌وسیله‌ی استن، وزن کوپن‌های میله‌ای اندازه‌گیری شد و درصد حفاظت هر کدام از ممانعت‌کننده‌ها با استفاده از رابطه‌ی ۱۹- محاسبه گردید [۱۸].

$$\%E_{(J_{Corr})} = \frac{J_{Corr} - J_{Corr(inh)}}{J_{Corr}} \times 100 \quad (19)$$

که در آن:

$$\%E_{(J_{Corr})} = \text{درصد حفاظت}$$

$$J_{Corr} = \text{سرعت خوردگی بدون ماده‌ی کندکننده‌ی خوردگی}$$

$$J_{Corr(inh)} = \text{سرعت خوردگی با تزریق ماده‌ی کندکننده‌ی خوردگی}$$

سرعت خوردگی و بازده ممانعت‌کننده‌های مذکور که از این آزمایش در دمای ۳۰ و ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به‌دست آمده در جداول ۴ و ۵ و اثر افزودن ۲۰۰ ppm ماده‌ی اکسیژن‌زدای Ti-109 به این ممانعت‌کننده‌ها در جداول ۶ و ۷ ارائه شده‌اند.

۲-۳- تجزیه‌ی و تحلیل نتایج

با دقت در جدول ۲- و مقایسه‌ی خواص فیزیکی دو ممانعت‌کننده‌ی مورد تحقیق مشاهده می‌شود که هر دو از نظر شکل ظاهری هم‌رنگ و مایع هستند و چگالی هر دو نیز تقریباً یکسان است. ولی تغییر فاحشی (حدود ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد) در نقطه‌ی اشتعال این دو بازدارنده

جدول ۴ | سرعت خوردگی و بازده ممانعت‌کننده‌های مذکور در آزمایش چرخ دوار در دمای ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد

Inhibitor	Efficiency at 25 (% ppm)	Efficiency at 50ppm (%)	Corrosion rate in blank solution (mpy)	Corrosion rate in 25 ppm (mpy)	Corrosion rate in 50 ppm (mpy)
KI-325	89	91	329	38	9
PL-464	70	87	329	101	17

جدول ۵ | سرعت خوردگی و بازده ممانعت‌کننده‌های مذکور در آزمایش چرخ دوار در دمای ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد

Inhibitor	Efficiency at 25 (% ppm)	Efficiency at 50ppm (%)	Corrosion rate in blank solution (mpy)	Corrosion rate in 25 ppm (mpy)	Corrosion rate in 50 ppm (mpy)
KI-325	78	83	450	47	15
PL-464	61	75	450	148	29

جدول ۶ | سرعت خوردگی و بازده ممانعت‌کننده‌های مذکور با افزودن ۲۰۰ ppm ماده‌ی اکسیژن‌زدای TI-109 در دمای ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد

Inhibitor	Efficiency at 25 ppm inh. + 200 ppm oxygen scavenger (%)	Efficiency at 50 ppm inh. + 200 ppm oxygen scavenger (%)	Corrosion rate at 25 ppm inh. + 200 ppm oxygen scavenger (mpy)	Corrosion rate at 50 ppm inh. + 200 ppm oxygen scavenger (mpy)
KI-325	96	99	17	2
PL-464	81	94	65	15

جدول ۷ | سرعت خوردگی و بازده ممانعت‌کننده‌های مذکور با افزودن ۲۰۰ ppm ماده‌ی اکسیژن‌زدای TI-109 در دمای ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد

Inhibitor	Efficiency at 25 ppm inh. + 200 ppm oxygen scavenger (%)	Efficiency at 50 ppm inh. + 200 ppm oxygen scavenger (%)	Corrosion rate at 25 ppm inh. + 200 ppm oxygen scavenger (mpy)	Corrosion rate at 50 ppm inh. + 200 ppm oxygen scavenger (mpy)
KI-325	81	88	24	3
PL-464	71	83	100	21



شکل ۱ | دستگاه آزمایش چرخ دوار (a) و بطری‌های موجود در آن (b)

جدول ۳ | برخی از ترکیبات شیمیایی ممانعت‌کننده‌های خوردگی KI-325 و PL-464

Name	Iso Propyl Alcohol (wt%)	Imidazoline Salt (wt%)	Quaternary Ammonium Compounds (wt%)	Oxy Alkylated Phenol (wt%)	Di Ethyl Amine (wt%)	Butyl Glycol (wt%)
PL-464	1-5	1-10	1-5	10-20	1-10	-
KI-325	-	10-30	-	-	-	10-30

آزاد شده در سطح فولاد، سبب افزایش سرعت واکنش کاتدی و به موازات آن افزایش سرعت واکنش آندی و خورده شدن فولاد شده، اکسیژن عاملی خورنده محسوب می گردد که پس از افزودن مادهی اکسیژن زدا و حذف اکسیژن، با کند کردن سرعت واکنش کاتدی سبب کاهش شدید خوردگی شده و سرعت خوردگی را در کمترین مقدار به 2 mpy رسانده است.

نتیجه گیری

نتایج آزمایش چرخ دوار و محاسبه ی سرعت خوردگی و بازده ممانعت کننده ها در دماهای مختلف نشان می دهد که با افزایش دما از ۳۰ به ۶۰ درجه ی سانتی گراد برای هر دو نوع ممانعت کننده، سرعت خوردگی افزایش و بازده ممانعت کننده کاهش یافته است. افزایش مادهی اکسیژن زدا به هر دو نوع ممانعت کننده سبب کاهش شدید خوردگی شده که نشان دهنده ی اثر هم افزایی این مادهی اکسیژن زدا بر ممانعت کننده های مذکور است. بهترین بازده با اضافه کردن ۵۰ ppm از ممانعت کننده ی KI-325 و ۲۰۰ ppm از مادهی اکسیژن زدای TI-109 به محلول مورد آزمایش و به میزان ۹۹ درصد به دست آمد که سرعت خوردگی در این محلول 2 mpy اندازه گیری شد. با توجه به موارد ذکر شده، در این سیستم مهم ترین عامل خورنده اکسیژن است و بهترین نوع ممانعت کننده KI-325 می باشد که اضافه شدن مادهی اکسیژن زدا به آن سبب کاهش شدید سرعت خوردگی شده است. ■

وجود دارد. با توجه به اینکه بازدارنده های مذکور در محیط نفتی به کار می روند از نظر ایمنی نقطه ی اشتعال آنها اهمیت به سزایی داشته و یک مزیت محسوب می شود. از این لحاظ شرایط بازدارنده ی KI-325 مناسب تر است. همچنین با مقایسه ی PH دو بازدارنده مشاهده می شود که بازدارنده ی PL در حد اسید است ولی بازدارنده ی KI نزدیک خنثی می باشد که PH آن با سیال مورد آزمایش تقریباً یکسان است. با مشاهده ی جداول ۴-۵ که سرعت خوردگی و بازده بازدارنده ها را در غلظت های مختلف و دمای ۳۰ و ۶۰ درجه ی سانتی گراد نشان می دهد می توان دریافت که بهترین بازده برای بازدارنده ی KI با غلظت ۵۰ ppm و در دمای ۳۰ درجه ی سانتی گراد و به میزان ۹۱ درصد است. همچنین مشاهده می شود که افزایش دما از ۳۰ به ۶۰ درجه ی سانتی گراد سبب کاهش بازده این بازدارنده به ۸۳ درصد شده که با توجه به ترکیبات تشکیل دهنده ی این ممانعت کننده ها به نظر می رسد افزایش دما سبب تجزیه ی شیمیایی نمک های امیدازولین و شکستن ساختار حلقوی آن شده است. در جداول ۶-۷ نیز نتایج حاصل از آزمایش این بازدارنده ها در حضور ۲۰۰ ppm از مادهی اکسیژن زدا با پایه ی بی سولفیت آمونیم ارائه شده که نشان دهنده ی کاهش شدید خوردگی و افزایش بازده بازدارنده ها در حضور این مادهی اکسیژن زدا شده است. بیشترین مقدار بازده نیز به ۹۹ درصد رسیده که در غلظت ۵۰ ppm از بازدارنده ی KI به دست آمده است. با توجه به اینکه در این سیستم، اکسیژن با شرکت در واکنش کاتدی و مصرف الکترون های

پانویس ها

- | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1. Golchinpour@nioc.ir | 5. Surge Tank | 9. API Gravity Separator |
| 2. Water Soluble Corrosion Inhibitor | 6. Skimmer Tank | 10. Disposal Water |
| 3. Coalescer Tank | 7. Electrostatic Tank | 11. Disposal Tank |
| 4. Dilution Tank | 8. Recycle Tank | 12. Wheel test |

منابع

- [1] Helmio, T. (2002). "Unsteady 1D Flow Model Of Compound Channel With Vegetated Floodplains." Journal Of Hydrology, 269, Pp 8999-9000.
- [2] Mays, L.W. (1999). "Hydraulic Design Handbook." Arizona State University, Mcgraw-Hill, 1230p.
- [3] Y.Chen, W.P.Jepson, Electrochemical Acta 44 (1999) 44534464-
- [4] Jyi-Yu Sun, W.P.Jepson, 1992, SPE Paper 24787, 215
- [5] A.Y.EL-Etre, M. Abdallah, Corrosion Science 42 (2000) 731738-
- [6] J.M.Bastida, J.De Damborea, A.Va Zquez, J.Appl.Electrochem. 27 (1997) 345
- [7] J.De Damborea, J.M. Bastida, A.Jvazquez. Electrochim. Acta 42 (1997) 455
- [8] Horvath, Tibor, Eirka, Kutson, Gyogy, Adam, Magy. Kem. Foly 98 (1997) 1363
- [9] A.Shiri, M.Etman, F.Dabes, Electrochim. Acta 41 (1996) 429
- [10] N.Jallerat, F.L.Port, F.Bourelie, Vu.K.Qng, International Congress On Mettalic Corrosion, Toronto, Canada 4 (1984) 404
- [11] W.Roberston, J. Electrochem. Soc. 98 (1951) 94
- [12] M.A.Stranik, Corrosion 40 (1984) 296
- [13] M.J.Pryor, M.Cohen, J. Electrochem. Soc. 203 (1953) 100
- [14] 4Y.Gonzalez, M.C.Lafont, N.Peber, J.APPL.Electrochem. 26 (1996) 1259
- [15] J.Rajendran, B.V.Appa Rao, N.Palaniswamy, Bull. Electrochem. 12 (1996) 15
- [16] G.Gunasekaram, N.Palaniswamy, B.V.Appa Rao, V.S.Muralidhara, Electrochim. Acta 42 (1997) 1427
- [17] P.A.Malachesky, In: A.J.Bard (Ed), Encyclopedia Of Electrochemistry Of The Elements, Vol. VI, Marcel Dekker, New York, 1976, P.63
- [18] M.Pourbaix (Ed.), Atlas Of Electrochemical Equilibria In Aqueous Solutions, Pergamon Press, Oxford, 1966, P.168
- [19] K.J.Vetter, Electrochim. Acta 16 (1971) 1923
- [20] J.Cruz, R.Martinez, J.Genesca, E.Garcia - Ochoa, J. Of Electroanalytical Chemistry 566 (2004) 111 - 121