Archive of SID

مجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
تهران، ۲۹ خرداد ماه ۱۳۹۳ مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا
تلفن: ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱ www.Reservoir.ir

بررسی عملکرد و نحوه مصرف مواد شیمیایی در کارخانه‌های تزریق آب میادین دریایی ایران

سکینه شکراله زاده[۱], محمد زاهد زاده[۲], عماد رعایایی[۳]
شرکت ملی نفت ایران, مدیریت پژوهش و فناوری, پژوهشکده ازدیاد برداشت از مخازن نفت و گاز
s_shokrolahzadeh@yahoo.com

چکیده

مواد شیمیایی مبحث بسیار گسترده‌ای در صنعت نفت بوده که می‌توان گفت تقریبا در تمامی بخشهای مختلف این صنعت نقش دارند. با توجه به هزینه‌های بالای این مواد و نیز گستره استفاده از آنها؛ اطمینان از عملکرد و کارایی مناسب این مواد, همچنین مصرف و نگهداری صحیح آنها بسیار ضروری به نظر می‌رسد. چراکه مصرف و یا نگهداری غیر اصولی نه تنها موجب اتلاف هزینه‌های اولیه تهیه, شده بلکه می‌تواند خسارت‌های متعددی به سیستمهای سطح الارضی، مخازن نفت و گاز , محیط زیست و حتی جان افراد وارد کند. از اینرو به منظور اطمینان از عملکرد صحیح آنها, لازم است که همواره آزمایشات کنترل کیفیت و یا بازدهی انجام گیرد. در صورت عدم بررسی کارایی مواد شیمیایی ممکن است برای موقعیتهای خاص, بازدارنده غیر موثر بکار رود و یا با افزایش مقدار مصرفی سبب هدر رفت هزینه‌ها و یا آلودگی بیشتر محیط زیست شود. در مورد نگهداری مواد شیمیایی, لازم به ذکر هست که اکثر مواد شیمیایی نسبت به نور، گرما و رطوبت حساس می‌باشند؛ بنابراین محل نگهداری آنها باید به‌گونه‌ای طراحی شود که حتی المقدور از این عوامل به دور باشند تا کارایی خود را از دست ندهند. در این مقاله کارایی و نیز غلظت و محل تزریق مواد شیمیایی ضد رسوب , ضد خوردگی و باکتری کش مورد استفاده در کارخانه‌های تزریق آب میادین دریایی ایران مورد بررسی قرار گرفته است و در پایان نکات و پیشنهادات مفید در جهت افزایش عملکرد و صرفه جویی اقتصادی آورده شده است. بر اساس مطالعات آزمایشگاهی در صورت استفاده از باکتری‌کش بصورت پیوسته در سیستم و در غلظت خیلی کمتر از غلظت مؤثره, باکتری احیاء کننده سولفات در سیستم فعالیت داشته و سبب خوردگی می گردد. همچنین در مطالعه موردی حاضر مشخص گردید که کمی تغییر در محل تزریق مواد شیمیایی سبب افزایش ۳۰٪ کارایی سیستم و نیز صرفه جویی اقتصادی می‌شود.

واژه های کلیدی: ضد رسوب, ضد خوردگی, باکتری کش, کارایی, تزریق آب

۱- کارشناس ارشد شیمی معدنی
۲- کارشناس ارشد مهندسی مخازن
۳- دکترای مهندسی شیمی

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

یکی از موثرترین روشهای ازدیاد برداشت از مخازن نفتی و نگهداری فشار مخزن، تزریق آب می‌باشد که به ویژه در مخازن دریایی یکی از کم هزینه‌ترین و موثرترین روشهای ازدیاد برداشت به حساب می‌آید. عملیات تصفیه آب بر روی آب تزریقی به منظور بهبود کیفیت آن و جلوگیری از بروز مشکلاتی مانند تشکیل رسوب و خوردگی که سبب انسداد مخزن, کاهش تزریق پذیری و افزایش هزینه‌های عملیاتی می‌شود؛ در کارخانه‌های تصفیه آب صورت می‌گیرد. در این کارخانه‌ها علاوه بر فیلتراسیون آب, مواد شیمیایی از قبیل ضد رسوب, ضد خوردگی و باکتری‌کش نیز به آب اضافه می‌گردد.

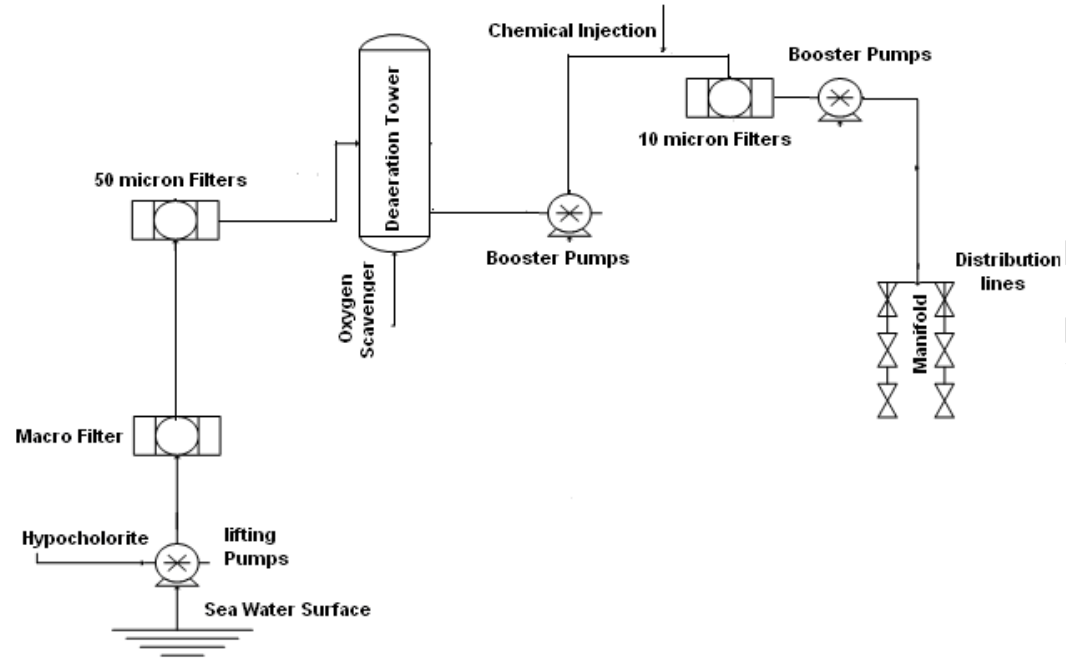
در تحقیق حاضر مواد شیمیایی مذکور در دو کارخانه تزریق آب میادین دریایی ایران برای بدست آوردن حداکثر راندمان و کارایی مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اینکه سرمایه هنگفتی جهت ساخت و عملیات روزمره چرخه تزریق آب صرف می‌شود, از این رو حفظ و نگهداری این سیستم در شرایط بهینه, مستلزم مدیریت صحیح مواد شیمیایی می‌باشد.

۲- چرخه تصفیه آب

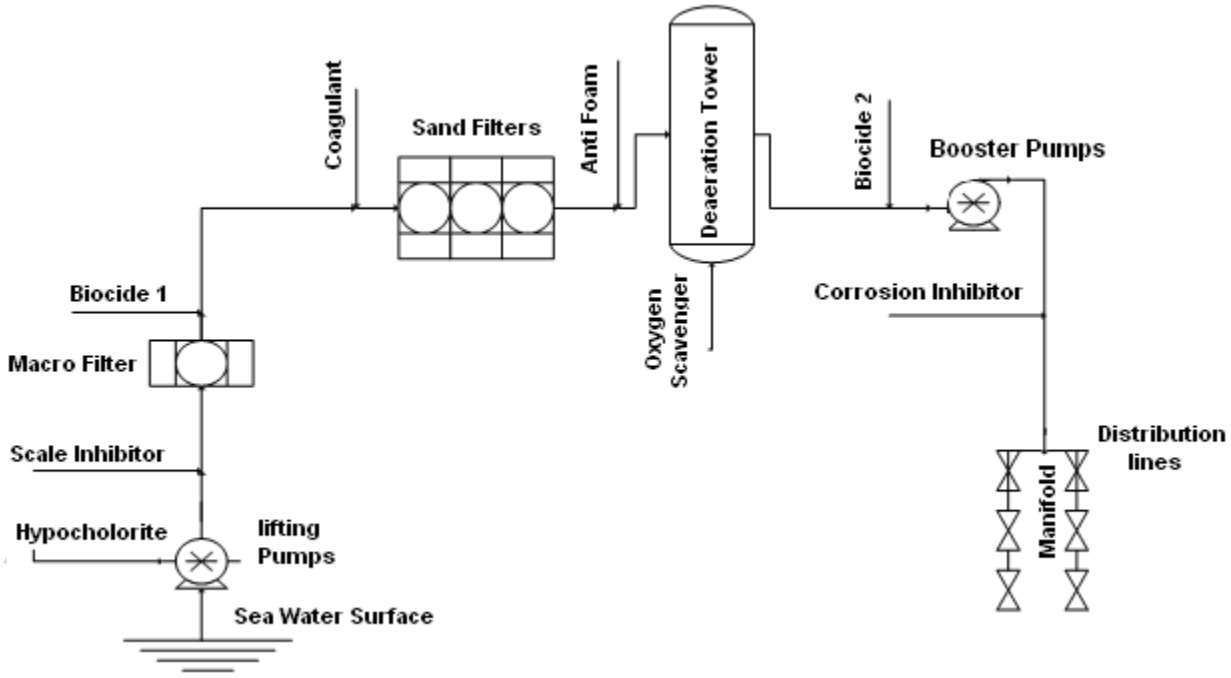
بررسی کارخانه‌های شرایط سازی آب با هدف تزریق به مخازن نفتی در دنیا نشان می‌دهد که سیستم کلی این کارخانه‌ها از اصول مشخصی پیروی می‌کنند. به طوریکه پمپ‌های بالاآورنده آب دریا، آب مورد نیاز جهت تزریق را از عمق مشخصی از دریا تامین کرده و وارد سیستم می‌نمایند. به منظور کنترل اولیه باکتری در آب تزریقی، هیپوکلریت سدیم به خروجی پمپ‌های بالاآورنده تزریق می‌شود. در ورودی کارخانه برای جلوگیری از ورود ذرات معلق و موارد شناور در آب از صافی‌های درشت استفاده می‌گردد. ممکن است جداسازی ذرات معلق تا قبل از برج هوازدا در یک یا چند مرحله فیلتر صورت بگیرد. آبی که از این صافی‌ها عبور کرده برای جداسازی اکسیژن محلول در آن به برج هوازدا وارد می‌شود. پس از این مرحله آب وارد پمپ‌های تقویت فشار شده و سپس به سمت فیلترهای ریز هدایت می‌گردد. در این فیلترها که عموماً کارتریجی و یا شنی می‌باشند، باقیمانده ذرات معلق تا حد مجاز مخزن گرفته می‌شود. این حد مجاز بر اساس نفوذپذیری و اندازه خلل و فرج سنگ مخزن تعیین می‌گردد. به خروجی فیلترها برای جلوگیری از تشکیل رسوب, رشد باکتریها و خوردگی مواد شیمیایی ضد رسوب, خوردگی و باکتری‌کش تزریق می‌شود. در کارخانه‌های مختلف با توجه به کیفیت آب، برخی از این اجزا ممکن است حذف شده و یا تغییرات مختصری داشته باشند مانند میزان و محل تزریق مواد شیمیایی یا نوع و اندازه فیلترها ممکن است متفاوت باشند[۱،۲]. شماتیک کلی کارخانه‌های مورد بررسی در شکل ۱ و ۲ آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱- شماتیک کارخانه A



شکل۲- شماتیک کارخانه B

۳- ماده ضد رسوب

www.SID.ir

Archive of SID

بازدارنده رسوب مورد استفاده در کارخانه مخلوطی از گروههای فسفونات و پلی اکریلات می‌باشد که به منظور جلوگیری از تشکیل رسوبات کربنات کلسیم, سولفات کلسیم, سولفات باریم و سایر رسوبات بکار می‌رود. بر اساس نتایج آزمایشگاهی بهترین راندمان این ماده در غلظت ppm ۳۰ می‌باشد[۳], ولی مقدار مصرفی این ماده در کارخانه‌ها حداکثر ppm ۱۰ می‌باشد. کارایی این بازدارنده در برابر رسوبات کربنات کلسیم و سولفات کلسیم بر اساس روش استاندارد NACE TM0374 در غلظت‌های ۱۰ و ppm۳۰ ارزیابی شد که نتایج در جدول ۴ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود این ترکیب برای جلوگیری از تشکیل رسوبات سولفات کلسیم کارایی مناسبی دارد ولی در برابر کربنات کلسیم حتی در غلظت ppm۳۰ نیز چندان مطلوب نمی‌باشد. همچنین نمونه‌های گرفته شده از انبار در مقایسه با نمونه‌های کارخانه عملکرد بهتری داشتند که این بیانگر کاهش کارایی مواد در اثر گرما, نور خورشید و شرایط بد نگهداری می‌باشد.

جدول۱- کارایی بازدارنده رسوب برای دو رسوب کلسیم

نمونه	غلظت بازدارنده(ppm)	کارایی بازدارنده در برابر $CaCO_3$ (٪)	در برابر $CaSO_4$ (٪)
انبار	۱۰	۳۳	۹۷
کارخانه	۱۰	۳۰/۴	۹۱
انبار	۳۰	۷۵/۱	۹۷
کارخانه	۳۰	۷۱/۱	۹۳

به منظور بررسی محل و غلظت تزریق این ماده در کارخانه A باقیمانده ماده شیمیایی قبل و بعد از فیلتر ۱۰ میکرونی اندازه گیری شد که نشان دهنده جذب بالای آن ۳۰٪ پشت فیلتر می باشد. از طرف دیگر با توجه به نتایج آزمایشات، غلظت بهینه تزریق ماده شیمیائی ضد جرم مقدار ppm ۳۰ می‌باشد ولی یک سوم این مقدار در کارخانه تزریق می‌شود که با توجه به هدر رفتن مقدار قابل توجه مواد در فیلتر، مقدار ماده مفید تزریقی بسیار کم بوده و علیرغم بازدهی نسبتاً خوب این ماده در آزمایشات، آنچنان که باید موثر واقع نمی‌شود (جدول ۲).

جدول۲- باقیمانده ماده شیمیایی ضد رسوب قبل و بعد از فیلتر ۱۰ میکرونی

نمونه	آنالیز اول (PPM)	آنالیز دوم (PPM)
شاهد	-	-
قبل از فیلتر ۱۰ میکرونی	۲۴	۲۴/۶
بعد از فیلتر ۱۰ میکرونی	۱۶/۵	۱۷/۴
کاهش غلظت ماده شیمیایی (درصد)	۳۱/۲۵	۲۹/۲۶

با توجه به اینکه تزریق این ماده در کارخانه B در ورودی می‌باشد این ابهام وجود داشت که اگر این ماده جهت جلوگیری از تشکیل رسوبات در چاه‌های تزریقی تزریق می‌گردد, می‌بایست در انتهای کارخانه تزریق گردد و اگر تزریق در بالادست برای جلوگیری از تشکیل رسوب در کارخانه می‌باشد می‌بایست در غلظت مؤثره بکار رود در حالی‌که با توجه به آزمایشات انجام گرفته مقدار این ماده در نقاط مختلف کارخانه صفر می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

۴- ماده ضد خوردگی

اهمیت کنترل خوردگی در لوله‌های کربن استیل به‌ویژه در سیستمهای تزریق آب دریا به منظور کاهش هزینه‌های عملیات و تعمیرات برکسی پوشیده نیست. از طرف دیگر با توجه به ویژگیهای سنگ مخزن و در برخی موارد نفوذپذیری‌های بسیار پایین، لزوم کنترل خوردگی با هدف جلوگیری از ورود محصولات ناشی از خوردگی و بقایای باکتریها به داخل سازند آشکار می‌شود. محصولات ناشی از خوردگی یعنی اکسید آهن و سولفید آهن و همچنین باکتریها، خسارات غیر قابل جبرانی به مخزن حتی در سازندهایی با نفوذپذیری بالا وارد می‌کنند. بنابراین هدف از کنترل خوردگی در سیستمهای تزریق آب هم کاهش صدمات وارده به تجهیزات سطح الارضی - در نتیجه صرفه‌جویی اقتصادی همراه با افزایش عمر مفید تاسیسات بوده- و هم کاهش خسارات وارده به سازند می‌باشد. برای کنترل خوردگی سیستم علاوه بر حذف اکسیژن, باکتری و یا ذرات جامد از مواد شیمیایی ضد خوردگی نیز استفاده می‌شود.

بازدارنده خوردگی مورد استفاده درکارخانه از نوع آمین و محلول در آب می‌باشد. این بازدارنده با تشکیل فیلم سطحی محافظ مانع از خوردگی می‌شود. برای ارزیابی این بازدارنده آزمایش الکتروشیمیایی پلاریزاسیون تافل با محلول ۳٪ آب نمک (NaCl) در حالت اشباع با اکسیژن و نیز عاری از اکسیژن انجام گرفت. سرعت خطی آب در لوله با توجه به قطر الکترود و بر اساس روابط زیر به سرعت چرخشی تبدیل شد.

$$V = Q / A \quad (۳)$$

$$A = \pi r^2 \quad (۴)$$

$$V = \pi /60 \times D \times V_{rpm} \quad (۵)$$

که V سرعت خطی, Q دبی تزریق آب, A سطح مقطع لوله, D قطر الکترود کاری و V_{rpm} سرعت چرخشی می‌باشد. مقدار تزریق بازدارنده خوردگی ppm ۱۵ می‌باشد. نتایج آزمایشات نشان داد که این بازدارنده نه تنها سبب حفاظت از خوردگی لوله‌ها نمی‌شود بلکه باعث تسریع خوردگی در غلظت‌های کمتر از ppm۴۰ می‌شود. بررسی نتایج کارایی بازدارنده در نمونه گیری دوم, نشان دهنده کارایی خوب آن و نیز عملکرد بهتر نمونه‌های انبار در مقایسه با نمونه‌های کارخانه می‌باشد که این بیانگر تأثیر گرما, نور خورشید و شرایط بد نگهداری بر روی بازدهی مواد می‌باشد (جدول ۳).

جدول۳- نتایج ارزیابی ضد خوردگی

غلظت بازدارنده (ppm)	سرعت خوردگی (mpy), عاری از اکسیژن (کارخانه)	سرعت خوردگی (mpy), اشباع از اکسیژن	سرعت خوردگی (mpy), عاری از اکسیژن, نمونه گیری دوم	
			انبار	کارخانه
۰	۱۳/۴	۲۱/۷	۱۴/۷	۱۴/۷
۵	۱۹/۸	۳۶/۹	-	-
۲۰	۱۳/۷	۲۹/۳	۳/۲	۷/۷
۳۰	۱۵/۶	۳۲/۹	-	-
۴۰	۱۱/۹	۲۷/۳	-	-
۵۰	۹/۴	۲۶/۳	۳/۱	۵/۳
۱۰۰	-	-	۱/۸	۷/۶
۵۰۰	-	۱۶/۳	۱/۶	۲/۳

www.SID.ir

Archive of SID

۱۰۰۰	-	-	۱/۵	۲/۴

۵- ماده باکتری کش

باکتری‌ها در آب تزریقی سبب خوردگی و انسداد می‌شوند. در ابتدای چرخه تصفیه آب, هیپو کلریت سدیم برای از بین بردن باکتری‌های هوازی افزوده می‌شود[۴]. از مهمترین باکتریهای درگیر با خوردگی بیولوژیکی, باکتریهای احیاءکننده سولفات (SRB) می‌باشند که نسبت به باکتری‌کش‌های اکسیژنه مقاوم بوده و به رشد خود ادامه می‌دهد. بنابراین باید با تزریق باکتری‌کش‌های آلی، رشد باکتریهای بی‌هوازی را کنترل نمود. با توجه به pH بالای آبهای تزریقی (pH>7.5) بخصوص آب دریا ، آبهای‌مذکور معمولاً خورنده نبوده و بیشتر تمایل به رسوب‌گذاری دارند. البته در صورت عدم کنترل مناسب میکروب SRB در آب تزریقی, خوردگی از نوع میکروبی آن می‌تواند مطرح باشد. چنانچه آزمایشات مربوط به باکتریهای احیاءکننده سولفات نشان دهنده فعالیت این میکروب در آب دریا، پشت فیلتر ۱۰ میکرونی در کارخانه A می‌باشد. به منظور عدم مقاومت و سازگاری باکتری‌ها با یک ترکیب دو نوع باکتری‌کش (A با پایه آلدئیدی و Q سولفات فسفونیوم) در بازه زمانی مشخص استفاده می‌شود. عملکرد و کارایی این باکتری‌کش‌ها بر روی باکتری‌های هتروتروف هوازی و SRB بر اساس روش تست API-RP38 بررسی شد. چنانچه در جدول ۴ مشاهده می‌شود این باکتری‌کش فقط در غلظت‌های بیش از ۵۰۰ ppm موثر می‌باشد که با توجه به تزریق به‌صورت شوک (Batch) در کارخانه B در غلظت حدود ۵۰۰ ppm, باکتری‌کش عملکرد مثبت دارد ولی تزریق باکتری‌کش درکارخانه A بصورت پیوسته (Continuous) و با غلظت ۲۵ ppm می‌باشد که نشان دهنده عدم تاثیر بر باکتری می‌باشد. بنابراین توصیه می‌شود تزریق این ماده در کارخانه A در غلظت موثره و بصورت شوک بکار رود؛ چراکه تزریق بصورت شوک موثرتر می‌باشد[۵،۶،۷].

جدول۴- نتایج ارزیابی باکتری کش

غلظت بازدارنده (ppm)	باکتری هتروتروف هوازی		باکتری احیاء کننده سولفات (SRB)	
	باکتری‌کش A	باکتری‌کش B	باکتری‌کش A	باکتری‌کش B
۲۵	-	-	-	-
۵۰۰	+	+	+	+
۱۰۰	+	+	+	+

از مسائل مطرح شده در کارخانه B تشکیل کف زیاد به‌هنگام استفاده از باکتری‌کش A و در نتیجه مصرف بیشتر ضد کف می‌باشد؛ بنابراین جهت جلوگیری از این مشکل پیشنهاد می‌شود بدلیل عدم خاصیت کف‌زایی بایوساید Q بر اساس ساختار شیمیایی بایوسایدها (بایوساید A در برگیرنده ۱۰-۵ درصد سورفکتانت می‌باشد) محل تزریق دو باکتری‌کش تعویض گردد. چه بسا که این تزریق ممکن است منجر به توقف تزریق ضد کف و در نتیجه صرفه جویی اقتصادی گردد.

۶- نتیجه گیری

www.SID.ir

Archive of SID

۱- ماده شیمیایی ضد رسوب کارایی خوبی در جلوگیری از تشکیل رسوبات سولفات کلسیم دارد. ولی این ماده ضد رسوب حتی در غلظت ۳۰ppm نیز کارایی مناسبی در جلوگیری از تشکیل رسوبات کربنات کلسیم (که رسوب غالب در میادین نفتی می‌باشد) ندارد.

۲- اگر ماده ضد رسوب جهت جلوگیری از تشکیل رسوبات در چاه‌های تزریقی تزریق می‌گردد, می‌بایست در انتهای مسیر کارخانه تزریق گردد؛ در صورتیکه در کارخانه B بر خلاف سایر کارخانه‌ها تزریق این ماده در ورودی کارخانه می‌باشد و مقدار این ماده در نقاط مختلف کارخانه صفر می‌باشد. با توجه به اینکه غلظت بهینه بازدارنده رسوب ۳۰ppm می‌باشد؛ پیشنهاد می‌شود مقدار تزریق به مقدار بهینه افزایش یافته و همچنین برای جلوگیری از اتلاف مواد شیمیایی در پشت فیلتر ۱۰ میکرونی, محل تزریق به بعد از آن در کارخانه A منتقل شود.

۳- ماده شیمیایی ضد خوردگی عملکرد خوبی در جلوگیری از خوردگی دارد. البته نگهداری آنها در شرایط مناسب ضروری می‌باشد تا کارایی آنها کاهش نیابد.

۴- از آنجائیکه تزریق مواد باکتری‌کش در کارخانه B بصورت شوک و با غلظت موثره ۵۰۰ ppm (بنا بر آزمایشات ارزیابی انجام گرفته) صورت می‌گیرد توصیه می‌شود برای حذف اثر مخرب باکتری‌کش بر عملکرد مواد دیگر و نیز جلوگیری از سازگاری و تطابق باکتریها با محیط, این تجربه موفق در کارخانه A هم اجرایی شود. (تزریق یکجا بجای پیوسته).

۵- با توجه به بررسی‌های بعمل آمده, جهت جلوگیری از تشکیل کف در برج هوازدا در کارخانه B توصیه می‌شود که باکتری‌کش Q با خاصیت کف کم در بالادست تزریق شود. چه بسا که این تزریق ممکن است منجر به توقف تزریق ضد کف و در نتیجه صرفه جویی اقتصادی گردد.

۶- مواد شیمیایی حساس به دما و رطوبت, باید به دقت نگهداری و مورد استفاده قرار گیرند نور آفتاب و حرارت می‌تواند موجب بروز تغییرات، کاهش یا عدم کارایی در ترکیب ماده شود. همچنین لازم است زمان ماند مواد فوق در انبار تا حد ممکن کوتاه باشد به گونه‌ای که مواد بصورت تازه و با غلظت موثره بالا مصرف شوند تا کارایی و کیفیت آنها حفظ شود.

فهرست علائم

SRB: باکتری احیاء کننده سولفات

NACE: انجمن مهندسی خوردگی آمریکا

V: سرعت خطی

Q: دبی تزریق

A: سطح مقطع لوله

V_{rpm}: سرعت چرخشی

ppm: جزء در میلیون معادل میلی‌گرم در لیتر

mpy: میلی‌اینچ در سال

تشکر و قدردانی

با سپاس فراوان از شرکت نفت فلات قاره و مدیریت پژوهش و فناوری شرکت ملی نفت ایران

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[1] H.J. Bayona," A review of well injectivity performance in Saudi Arabia's Ghawar filed seawater injection program", SPE 2553, 1993.
[2] R.W.Mitchell," The Forties Field Sea-Water Injection System", paper SPE 6677,Pages 877-884,June 1978.
[3] Zahedzadeh M., Masoudi R., Saboormaleki M., Abbasisn S. Roayaei E., And Ashoori S., Feasibility study of Produced Water Re-Injection in Siri Oil Field in Iran, EAGE First International Petroleum Conference and Exhibition, May (2009).
[4] Hamouda A.A., Water Injection Quality in Ekofisk – UV Sterilization and Monitoring Techniques, SPE 21048, February (1991).
[5] Barton Larry.L, "Sulfate-Reducing Bacteria", Plenum Press, New York, p.277 (1995).
[6] Sequeira C.A.C., Tiller A.K., "Microbial Corrosion", Elsevier, p.191 (1988).
[7] Zettlitzer Michael, Busch Matthiass, Produced Water Cleaning and Re-Injection Experience – Zero Discharge to Water, January (2007).

www.Reservoir.ir

www.SID.ir