

به نام خدا

بررسی و انتخاب بازدارنده‌های خوردگی
در خطوط لوله و چاه‌های گاز
شرکت بهره برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی
به وسیله‌ی:

در رشته :

خوردگی و حفاظت از مواد مهندسی

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

چکیده

بررسی، بهینه سازی و انتخاب بازدارنده های خوردگی در خطوط لوله و چاه های گاز

شرکت بهره برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی

به وسیله ی :

خوردگی یکی از بزرگترین مشکلات صنایع نفت و گاز به شمار می آید و یکی از راه های کنترل خوردگی در خطوط لوله و چاه های گاز استفاده از بازدارنده های خوردگی می باشد .
در این تحقیق، ابتدا عواملی که پدیده خوردگی را بوجود می آورند بررسی شد. انواع بازدارنده ها و مکانیزم عملکرد آنها مفصلاً مورد بررسی قرار گرفت، سپس روشهای مختلف ارزیابی بازدارنده ها معرفی شدند بر اساس پروژه تعریف شده توسط شرکت بهره برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی تعداد ۱۱ عدد بازدارنده های مورد استفاده در آن شرکت، مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشهای انجام شده جهت بررسی بازدارنده ها عبارت اند از آزمایش اندازه گیری دانسیته ، اندازه گیری گرانیوی (ویسکازیمت) ، اندازه گیری تمایل به تشکیل کف ، اندازه گیری تمایل به تشکیل امولسیون ، تعیین پایداری حرارتی و تعیین کارایی بازدارنده ها با استفاده از روش LPR. هر یک از این آزمایش ها برای دو نوع نمونه مورد استفاده در روش پیوسته و ناپیوسته جداگانه بررسی شد. نتایج آزمایش بازدارنده های مختلف بررسی و مقایسه گردید و بهترین آنها انتخاب شد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	۱- مقدمه.....
۳.....	۲- تئوری بررسی بازدارنده‌ها.....
۳.....	۱-۲- خوردگی در خطوط لوله و چاه‌های گاز.....
۳.....	۱-۱-۲- مکانیزم خوردگی.....
۶.....	۲-۱-۲- محصولات خوردگی در چاه‌ها و لوله‌های گاز.....
۱۰.....	۳-۱-۲- فاکتورهای موثر در خوردگی چاه‌های گاز.....
۱۰.....	۱-۲-۳-۱- دما.....
۱۰.....	۱-۲-۳-۲- فشار.....
۱۱.....	۱-۲-۳-۳- نقش سیال در خوردگی.....
۱۳.....	۱-۲-۳-۴- سرعت سیال.....
۱۴.....	۱-۲-۳-۵- متالورژی.....
۱۵.....	۱-۲-۳-۶- گازهای خورنده.....
۱۵.....	۱-۲-۴- راه‌های کنترل خوردگی.....
۱۸.....	۲-۲- بازدارنده‌های خوردگی.....
۱۸.....	۱-۲-۲- تاریخچه استفاده از بازدارنده‌ها.....
۱۸.....	۲-۲-۲- مکانیزم بازدارندگی و ساختار شیمیایی.....
۲۰.....	۱-۲-۲-۲- جذب فیزیکی.....
۲۱.....	۲-۲-۲-۲- جذب شیمیایی.....
۲۴.....	۲-۳- نوع بازدارنده‌ها از نظر حلالیت.....
۲۷.....	۲-۴- خصوصیات بازدارنده‌ها.....
۳۳.....	۲-۵- روش‌های تزریق بازدارنده در چاه‌های گازی.....
۳۳.....	۲-۵-۱- تزریق بازدارنده خوردگی به روش ناپیوسته.....
۳۴.....	۲-۵-۲- تزریق بازدارنده خوردگی به روش پیوسته.....

۳۷.....	۲-۵-۳- روش تزریق فشرده‌گی
۴۰.....	۲-۳- بررسی بازدارنده‌های خوردگی
۴۱.....	۲-۳-۱- ارزیابی خواص و اثرات جانبی بازدارنده‌ها
۴۲.....	۲-۳-۲- ارزیابی کارایی بازدارنده‌ها
۴۲.....	۲-۳-۱- آزمایش چرخ دوار
۴۳.....	۲-۳-۱- آزمایش قفس چرخان
۴۵.....	۲-۳-۳- معرفی تکنیک های الکتروشیمیایی
۴۵.....	۲-۳-۲-۳- اصول تکنیک LPR
۴۸.....	۲-۳-۲-۳- کاربرد تکنیک LPR در ارزیابی بازدارنده‌ها
۵۰.....	۲-۳-۲-۳- تکنیک EIS
۵۰.....	۲-۳-۲-۴- اصول تکنیک EIS
۵۳.....	۲-۳-۲-۵- تفسیر نتایج EIS
۵۶.....	۲-۳-۶- کاربرد تکنیک EIS در ارزیابی بازدارنده‌ها
۵۹.....	۲-۳-۴- روشهای نوین ارزیابی بازدارنده‌ها
۶۰.....	۲-۳-۴-۱- آزمایش الکتروود سیلندر چرخان
۶۱.....	۲-۳-۴-۲- آزمایش الکتروود دیسک چرخان
۶۲.....	۲-۳-۴-۳- آزمایش جت ضربه
۶۵.....	۳- آزمایشهای انجام شده
۶۶.....	۳-۱- آزمایش اندازه گیری دانسیته
۶۷.....	۳-۲- اندازه گیری گرانیوی سیبوت
۶۸.....	۳-۳- آزمایش تمایل به تشکیل کف
۶۹.....	۳-۴- آزمایش تمایل به تشکیل امولسیون
۷۰.....	۳-۵- آزمایش پایداری حرارتی
۷۰.....	۳-۶- آزمایش بررسی حلالیت بازدارنده ها
۷۱.....	۳-۷- آزمایش چرخ دوار

۷۲.....	۳-۷-۱-تهیه کوپن ها
۷۲.....	۳-۷-۲-آماده سازی کوپن ها
۷۳.....	۳-۷-۳-آماده سازی محلول ها
۷۳.....	۳-۷-۴-تهیه محلول بازدارنده
۷۳.....	۳-۷-۵-پرکردن بطری ها
۷۴.....	۳-۷-۶-تمیز کردن کوپن ها
۷۵.....	۳-۷-۷-پیگیری آزمایش چرخ دوار
۷۶.....	۳-۸-۱-آزمایش حباب
۷۶.....	۳-۸-۱۱-آماده سازی محلول ها
۷۷.....	۳-۸-۲-آماده سازی الکترودها
۷۸.....	۳-۸-۳-اندازه گیری الکتروشیمیایی
۷۹.....	۳-۸-۴-افزودن بازدارنده
۸۰.....	۳-۸-۵-آزمایش حباب انجام شده

۸۱.....	۴-نتایج آزمایشها
۸۲.....	۴-۱-نتایج اندازه گیری دانسیته
۸۳.....	۴-۲-نتایج آزمایش تمایل به تشکیل کف
۸۴.....	۴-۳-نتایج آزمایش تمایل به تشکیل امولسیون
۸۶.....	۴-۴-نتایج آزمایش پایداری حرارتی
۸۷.....	۴-۵-نتایج آزمایش حلالیت
۸۸.....	۴-۶-نتایج آزمایش چرخ دوار

۸۹.....	۵-نتیجه گیری و بحث
۹۲.....	۶-پیشنهادهای برای ادامه پروژه

فهرست جدول ها

صفحه

عنوان

جدول (۲-۱) . ساختار شیمیایی بعضی بازدارنده های مورد استفاده در صنایع نفت و گاز.....	۲۵
جدول (۲-۲) . خصوصیات مربوط به فرمولاسیون ازدارنده ها.....	۳۰
جدول (۲-۳) . انواع روشهای تزریق بازدارنده های خوردگی.....	۴۱
جدول (۲-۴) . روشهای مختلف ارزیابی بازدارنده های خوردگی.....	۶۵
جدول (۲-۵) . رابطه بین هر آزمایش و شرایط واقعی	۶۶
جدول (۳-۱) . بازدارنده های مورد بررسی در پروژه تحقیقاتی	۶۷
جدول (۳-۲) . نمونه جدول اندازه گیری امولسیون.....	۷۱
جدول (۴-۱) . نتایج آزمایش اندازه گیری دانسیته.....	۸۴
جدول (۴-۲) . نتایج کیفی آزمایش امولسیون	۸۶
جدول (۴-۳) . نتایج آزمایش حلالیت	۸۹
جدول (۵-۱) . جدول ارزش هر یک از بازدارنده های پیوسته با توجه به آزمایشات مختلف.....	۹۲
جدول (۵-۲) . جدول ارزش هر یک از بازدارنده های ناپیوسته با توجه به آزمایشات مختلف.....	۹۲
جدول (۵-۳) . فهرست بازدارنده های پیوسته به ترتیب ارزش.....	۹۳
جدول (۵-۴) . فهرست بازدارنده های ناپیوسته به ترتیب ارزش.....	۹۳

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل (۱-۲) . تغییرات نرخ خوردگی بر حسب mpy با مقدار سولفید هیدروژن	۶
شکل (۲-۲) . محصولات خوردگی در اثر سولفید هیدروژن	۷
شکل (۲-۳) . محصولات خوردگی در اثر دی اکسید کربن	۷
شکل (۲-۴) . محصول خوردگی در مجاورت آب نمک پر کلر	۸
شکل (۲-۵) . محصول خوردگی در مجاورت اسید کلریدریک	۸
شکل (۲-۶) . محصول همزمان خوردگی و سایش	۹
شکل (۲-۷) . محصول خوردگی در اثر باکتری	۹
شکل (۲-۸) . تاثیر یون کلر بر خوردگی فولاد کربنی	۱۴
شکل (۲-۹) . لایه تک مولکولی تشکیل شده بر روی سطح فلز	۱۹
شکل (۲-۱۰) . جاذبه الکترواستاتیکی بین بازدارنده و سطح فلز	۲۰
شکل (۲-۱۱) . الگوی مختلف جریان در خطوط لوله افقی	۳۴
شکل (۲-۱۲) . تکمیل دوتایی	۳۷
شکل (۲-۱۳) . تکمیل به کمک شطر یک طرفه	۳۸
شکل (۲-۱۵) . انواع سازندها در یک چاه گاز افقی	۴۰
شکل (۲-۱۶) . دستگاه چرخ دوار عمودی ساخته شده توسط دانشگاه شیراز	۴۵
شکل (۲-۱۷) . تصویر دستگاه آزمایش قفس چرخان (RC) در حال آزمایش	۴۶
شکل (۲-۱۸) . منحنی شیب تافل آندی و کاتدی	۴۸
شکل (۲-۱۹) . شکل شماتیک آزمایش حباب	۵۱
شکل (۲-۲۰) . منحنی موهومی امپدانس فقط در حضور مقاومت	۵۳
شکل (۲-۲۱) . منحنی موهومی امپدانس فقط در حضور خازن	۵۳
شکل (۲-۲۲) . منحنی موهومی امپدانس با خازن و مقاومت سری و موازی	۵۴
شکل (۲-۲۳) . منحنی موهومی امپدانس : یک مدار معادل ساده	۵۵
شکل (۲-۲۴) . لایه دوگانه موجود بر روی سطح فلز و خازن تشکیل شده بر آن	۵۶

- شکل (۲-۲۵). منحنی موهومی امپدانس : مدار معادل با حضور امپدانس واربرگ..... ۵۶
- شکل (۲-۲۷). منحنی موهومی امپدانس : امپدانس واربرگ..... ۵۷
- شکل (۲-۲۸). انواع مدار معادل مورد استفاده در آزمایش های خوردگی..... ۵۸
- شکل (۲-۲۹). منحنی نایکوئیست و بود امپدانس در کل دوره آزمون ۶۰
- شکل (۳-۱). شکل الکتروود دستگاه سیلندر چرخان (RCE) ۶۳
- شکل (۳-۲). دستگاه چرخ دوار عمودی ۷۴
- شکل (۳-۳). کوپنهای خوردگی مورد استفاده در آزمایش ۷۹
- شکل (۳-۴). منحنی کاهش نرخ خوردگی در اثر افزودن بازدارنده..... ۸۰
- شکل (۳-۵). یک منحنی LPR رسم شده در آزمایش حباب ۸۲
- شکل (۴-۱). نمودار ستونی نتایج آزمایش تمایل به تشکیل کف..... ۸۵
- شکل (۴-۱). نمودار ستونی نتایج آزمایش امولسیون..... ۸۷
- شکل (۴-۲). نمودار ستونی نتایج آزمایش پایداری حرارتی..... ۸۸
- شکل (۲-۲). نمودار ستونی نتایج آزمایش حباب..... ۹۰

۱- مقدمه

شرکت بهره برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی به عنوان یکی از سه شرکت فرعی تحت پوشش شرکت نفت مناطق مرکزی، مسئولیت بهره برداری از میادین نفت و گاز واقع در پنج استان جنوبی کشور را به عهده دارد. حوزه فعالیت فعلی این شرکت، میادین مستقل گازی در سه منطقه آغار- دالان، نار- کنگان و قشم- سرخون است که این مناطق از جمله مهم ترین میادین تحت پوشش شرکت نفت مناطق مرکزی در کشور به حساب می آیند. این شرکت علاوه بر تولید ۸۰ درصد گاز کشور، روزانه معادل ۴۰ هزار بشکه میعانات گازی نیز تولید می کند. البته میادین نفتی بوشهر، بوشکان، کوه کاکی، خشت، راوی و تابناک نیز پس از بهره برداری جزء مجموعه این شرکت قرار خواهند گرفت.

از دیرباز خوردگی یکی از بزرگترین مشکلات صنایع نفت و گاز بوده و مسئولین همواره سعی در مبارزه با این معضل بزرگ داشته اند. خوردگی نه تنها باعث ایجاد هزینه بالای تعمیرات (علی الخصوص درون چاه ها) می شود بلکه خسارات هنگفتی به دلیل توقف تولید در زمان تعمیرات و مسائل ایمنی بوجود می آورد.

براساس تحقیقات انجام شده توسط فنیسی^۱ ایالات متحده در سال ۱۹۵۱ در یک چاه دوازده میلیون دلار خسارات ناشی از خوردگی داشته است که با به کار بردن مواد شیمیایی مناسب (بازدارنده ها) این مبلغ به دو میلیون دلار در سال رسیده است.

استفاده از بازدارنده ها یکی از راه حل های مناسب برای کاهش خوردگی می باشد. بازدارنده (inhibitor) ماده ای است که به مقدار کم به محیط افزوده می شود و باعث کاهش خوردگی می شود. این مواد با عنوان ماده کند کننده و یا ممانعت کننده نیز شناخته می شوند.

^۱-Phenisi

این مواد به مقادیر وسیعی در دنیا تولید می‌شوند و هر روزه بازدارنده‌های مختلف با فرمولاسیون جدید به بازار عرضه می‌شود و مدیران صنایع نفت و گاز را با مشکل انتخاب مواجه می‌کند از آنجایی که فرمولاسیون بازدارنده‌ها، معمولاً فاش نمی‌شود، انتخاب آنها از طریق مقایسه و آزمایش انجام می‌گیرد.

شرکت بهره‌برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی (واحد بازرسی فنی و خوردگی) نیز با طیف وسیعی از تولید کنندگان بازدارنده‌ها روبرو بود و در همین راستا پروژه انتخاب بازدارنده‌ها با همکاری دانشکده مهندسی دانشگاه شیراز تعریف شد. از اهداف این پروژه انتخاب بهترین روش ارزیابی و بهترین روش تزریق و تدوین دستورالعمل ارزیابی بازدارنده‌ها بود.

در این گزارش تحقیقاتی، ابتدا عوامل موثر بر خوردگی در سیستم چاه‌ها و لوله‌های گاز و راههای کنترل آن معرفی می‌شوند.

در فصل بعد تاریخچه بازدارنده‌های خوردگی، ساختار شیمیایی، مکانیزم و تعیین نوع حلالیت و خصوصیات بازدارنده‌ها عنوان می‌شود.

در قسمت بررسی بازدارنده‌ها، انواع آزمایشهای بازدارنده‌های خوردگی تشریح می‌شود و در پایان آزمایشات انجام شده، نتایج و پیشنهادها ارائه می‌شود.