

یادداشت پژوهشی

ارائه روشی جهت بررسی کارایی اسکونجرهای سنتزی و تجاری در حذف H_2S از نفت خام

علی اصغر پاسبان و علی اکبر میران بیگی*

پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشکده توسعه فناوری‌های پالایش و فرآورش نفت، گروه

پژوهش ارزیابی‌های تخصصی و استاندارد نفت خام و فرآورده‌ها

miranbeigiaa@ripi.ir

پژوهش نفت

سال بیست و دوم

شماره ۷۱

صفحه ۱۴۶-۱۳۹، ۱۳۹۱

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۱/۲۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۶/۲۹

جدیدی برای ارزیابی اسکونجرها تدوین شده است. این روش که به نام پژوهشگاه صنعت نفت یا RIPI نام‌گذاری گردیده است، اساساً دینامیکی بوده و از سرعت عمل بالایی برخوردار است، به طوری که می‌توان روزانه ۲۰ نمونه را با انحراف استاندارد نسبی ۲/۴٪ ارزیابی نمود. بنابراین اسکونجرهایی که از سینتیک سریع واکنش حذف H_2S برخوردارند و به طور برگشت ناپذیر عمل می‌نمایند، از درجه موفقیت بالاتری برخوردار می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: هیدروژن سولفید، نفت خام، اسکونجر، شیرین سازی، فرآورده‌های نفتی

مقدمه

با توجه به مشکلات زیست محیطی حاصل از سوزاندن سوخت‌های دارای گوگرد زیاد و اعمال قوانین سخت‌گیرانه‌تر در این مورد، حذف ترکیبات گوگردی و سولفید هیدروژن از اجزاء سنگین نفت خام در سال‌های آتی اجتناب‌ناپذیر است [۱-۳].

چکیده

سولفید هیدروژن یکی از مهم‌ترین ناخالصی‌های موجود در نفت خام و گاز طبیعی است که قبل از انتقال گاز یا پالایش نفت باید آن را جدا نمود. ترکیبات گوگردی موجود در نفت خام، اشکالات متعددی را در مرحله پالایش نفت خام و هنگام مصرف محصولات نفتی از نظر جنبه‌های کیفیت محصول و مسائل زیست محیطی ایجاد می‌کنند. علی‌رغم وجود روش‌هایی نظیر عریان‌سازی و استخراج که با صرف هزینه‌های فرآیندی بالا مواجه بوده و مستلزم برنامه‌های بلند مدت است، اخیراً اسکونجرهای شیمیایی به عنوان راه حل‌های کوتاه مدت با توجه اقتصادی مناسب به ویژه در صنعت گاز به منظور شیرین سازی استفاده شده‌اند. یکی از راه‌های کاهش و حذف سولفید هیدروژن از نفت خام استفاده از اسکونجرهای شیمیایی می‌باشد که امروزه از این مواد جهت کاهش سولفید هیدروژن در ارتقای کیفیت مواد نفتی برای صادرات استفاده می‌شود. بعلت عدم وجود روش‌های استاندارد جهت ارزیابی کارایی آنها، در این مطالعه روش کنونی (سنتی) ارزیابی اسکونجرهای سولفید هیدروژن از نفت خام در شرکت‌های نفتی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین با توجه به معایب روش موجود، روش

و به کارگیری آنها در صنایع نفت و گاز و عدم وجود استانداردی برای ارزیابی آنها، در این مطالعه سعی شده روشی مناسب جهت ارزیابی عملکرد آنها برای کاهش و یا حذف کامل سولفید هیدروژن ارائه گردد تا صنایع نفت کشورمان بتوانند در صورت نیاز، با مصرف بهینه از اسکونجرها، هزینه‌های جاری خود را کاهش دهد و همچنین از اثرات جانبی به کارگیری بیش از حد و غیر ضروری آنها بر تأسیسات و محیط زیست نیز جلوگیری گردد.

بخش تجربی

تجهیزات، معرف‌ها و مواد شیمیایی مورد نیاز

تجهیزات مورد استفاده عبارتند از: پتانسیومتر، مومتراور و سل‌های شیشه‌ای (ظرف واکنش). لوازم و مواد مصرفی نیز شامل الکتروند نقره با پوشش سولفید نقره، نیترا نقره تیتراول (N ۰/۰۱ و ۰/۱)، ایزو پروپانول و تولوئن می‌باشد [۱۲].

روش کار

شیوه‌های ارزیابی اسکونجرها به روش سنتی (عمومی) تحت غلظت ثابت اسکونجر و همچنین به روش دینامیکی که به عنوان RIPI Method مطرح است، به همراه مباحث و توضیحات آن در ادامه مقاله به طور مشروح ارائه شده است.

بحث و نتایج

اسکونجر برحسب تعریف به دسته ای از مواد شیمیایی گفته می‌شود که با افزایش غلظت مشخصی از آن حین انجام یکی از فرایندهای شیمیایی اسید-باز، تشکیل کمپلکس، تولید رسوب و اکسیداسیون-احیاء، بتوان هیدروژن سولفید را ترجیحاً به طور برگشت‌ناپذیر حذف و یا بلوکه نمود. طی یک قرن گذشته بیش از ۲۰ نوع ماده شیمیایی برای این منظور معرفی شده‌اند که هر یک مزایا و معایبی دارند.

فاکتورهای مهمی در انتخاب و ارزیابی اسکونجر نقش دارند. به عنوان مثال اسکونجر باید به خوبی و با نرخ قابل

سولفید هیدروژن بیشتر در گازهای مخزن موجود بوده و حداکثر تا حدود ۵۰ ppm در نفت خام به صورت محلول وجود دارد. اما بیشتر سولفید هیدروژن در طی فرآیندهای پالایشی مانند کراکینگ کاتالیستی، گوگردزدایی با هیدروژن و کراکینگ حرارتی و یا هنگام تقطیر نفت خام تولید می‌شود [۴-۶].

در سال ۱۹۵۰ میلادی نفت‌های خام را به دو دسته ترش^۱ یا خورنده و یا شیرین^۲ یا غیر خورنده تقسیم‌بندی نمودند. نفت‌های خامی که بیشتر از ۶ ppm هیدروژن سولفید محلول داشته باشند، جزء نفت‌های خام خورنده به شمار می‌روند. زیرا بالاتر از این مقدار، پوسته‌های ترکیب سولفیدهای آهن پیروفریک بر روی دیواره تانک‌های ذخیره ایجاد می‌شود [۷ و ۸].

از نظر سم‌شناسی، هیدروژن سولفید ماده‌ای کشنده بوده و تماس با آن بر روی ارگانسیم بدن افرادی که در اطراف چاه‌های نفت و صنایع مرتبط با پالایش و فرآوری نفت خام و گاز کار می‌کنند، مشکلات تنفسی و ... ایجاد می‌نماید. از این رو براساس استاندارد OSHA حد مجاز تماس افراد، مقدار حداکثر ۵۰ ppm برای ۱۰ دقیقه در یک شیفت کاری ۸ ساعته می‌باشد [۹]. جهت حذف سولفید هیدروژن در هنگام فرآوری نفت خام عمدتاً از روش‌های عریان‌سازی گرم و سرد^۳ و استخراج با قلیا و آمین‌ها استفاده می‌شود [۱۰ و ۱۱].

در تأسیسات فرآوری نفت خام در مواردی که جریان ورودی از حد نرمال خارج گردد و یا کاهش دمای هوا در فصول سرد سال و همچنین کمبود امکانات فرآیندی در بعضی از مناطق عملیاتی، باعث می‌شود غلظت سولفید هیدروژن در نفت خام افزایش یابد. از این رو علاوه بر برج‌های عریان‌سازی، می‌توان به کمک رباینده‌های سولفید هیدروژن یا اسکونجرها مقدار آن را کنترل نمود. همچنین در مواقعی که نفت خام استخراجی را نتوان در سیستم‌های عاری‌ساز فرآوری نمود و یا در مواقعی که تأسیسات مذکور هنوز به بهره‌برداری کامل نرسیده‌اند، اسکونجرها قابل استفاده می‌باشد.

به علت وجود انواع زیادی از این اسکونجرها در بازار

1. Sour

2. Sweet

3. Hot and cold Stripping

ارزیابی کارایی اسکونجرها

شرکت‌های تولید کننده داخلی این مواد معمولاً از شیوه‌های میدانی جهت آزمایش کارایی اسکونجر استفاده می‌نمایند. در منابع خارجی نیز روش مدون و استاندارد برای بررسی کارایی اسکونجرها وجود ندارد و ارزیابی آنها بر مبنای امتیازدهی و رتبه‌بندی^۱ از نظر ویژگی‌هایی که به آنها اشاره شد، صورت می‌گیرد. اما بیشتر این ارزیابی‌ها با استفاده از شیوه عملی انجام می‌شود.

شیوه‌های عملی ارزیابی اسکونجرها

مطالعات نشان می‌دهد در داخل کشور نیز از روش عملی استفاده می‌شود. مانند تکنیکی که در پایانه‌های صادرات مواد نفتی معمولاً استفاده می‌گردد که بر اساس روش غلظت ثابت اسکونجر می‌باشد.

روش غلظت ثابت اسکونجر (روش استاتیک)

در این روش، ابتدا میزان سولفید هیدروژن اولیه در یکی از نفت‌های خام صادراتی نظیر نفت خام مخلوط فروزان، نفت‌های خام سبک و یا سنگین و با استفاده از روش UOP163 اندازه‌گیری شده و سپس غلظت یا مقدار مشخصی از اسکونجر به نفت خام مورد نظر اضافه می‌شود. این مقدار بر اساس میزان سولفید هیدروژن موجود در نفت خام که معمولاً بین ۵۰ تا ۱۰۰ ppm است، تعیین می‌شود و بسته به کارایی اسکونجر حدود ۲ الی ۵ برابر میزان محتوای سولفید هیدروژن نفت خام مورد نظر، انتخاب می‌گردد. در این کار پژوهشی با توجه به دسترسی محدود به برخی از نفت‌های خام جنوبی کشورمان، ابتدا نفت خام سبک یکی از میادین جنوبی با توجه به مشخصات عمومی آن که در جدول ۱ ارائه شده و حاوی حدوداً ۷۵ ppm هیدروژن سولفید می‌باشد، به عنوان مدل آزمایشگاهی در روش‌های ارزیابی اسکونجرها مورد استفاده قرار گرفته است.

در یک ارزیابی عمومی بر اساس دستورالعمل تولیدکنندگان، میزان ۱۰۰ gr از یک نفت خام حاوی ۷۵ ppm سولفید هیدروژن انتخاب می‌شود و حدود سه برابر سولفید هیدروژن موجود در آن، یعنی ۲۲۵ ppm اسکونجر به آن اضافه می‌شود.

قبولی سولفید هیدروژن را حذف کند. سینتیک آن با زمان ماند نفت خام در تجهیزات فرایندی مورد استفاده هماهنگ باشد. در اکثر مواقع، شیمی واکنش نباید برگشت‌پذیر باشد تا سولفید هیدروژن در خطوط تولید دوباره تشکیل نشود. محصولات نهایی حاصل از واکنش سولفید هیدروژن و اسکونجر مشکلات جدیدی مثل تغییر مقیاس، تشکیل کف یا ژل به وجود نیآورند. اسکونجر مورد نظر از مخاطرات زیست محیطی اندک و همچنین ایمنی و سلامت کاری مناسبی حین استفاده از آن برخوردار باشد. این مساله به علت امکان انتشار بر اثر فراریت اهمیت زیادی دارد. کار با اسکونجر باید ساده باشد. در بسیاری از سیستم‌ها مایعاتی که راحت‌تر جریان می‌یابند، بهترین انتخاب هستند، زیرا به راحتی از یک مخزن پمپ می‌شوند. در سیستم‌های دیگر جامدات گرانولی ترجیح داده می‌شوند، زیرا به راحتی در برج قرار می‌گیرند. در نهایت استفاده از تکنولوژی اسکونجر باید از لحاظ اقتصادی توجیه‌پذیر باشد.

برخی از اسکونجرها مانند آمین‌ها می‌توانند با نفت خام وارد برج تقطیر و سیستم‌های کندانسور شوند و با تشکیل نمک، موجب خوردگی گردند [۱۳]. در نتیجه اسکونجرهای غیر خورنده که از بالای برج تقطیر جدا نشوند مورد توجه قرار دارند. از آنجایی که کاتالیست‌های ریفورمر نسبت به میزان نیتروژن حساسند، اسکونجرهای غیرقابل انحلال در نیتروژن و آب در اولویت هستند تا میزان نیتروژن موجود در هیدروکربن را هنگام فرایند ریفورمینگ به حداقل برسانند.

ترکیبات شیمیایی زیادی وجود دارند که با سولفید هیدروژن واکنش می‌دهند. از جمله آنها می‌توان به سودسوزآور، پراکسیدها، فرمالدهید، نیتريت‌ها و انواع آمین‌ها اشاره کرد. تمامی این مواد، سولفید هیدروژن و مرکاپتان‌ها را به نمک‌ها و دیگر ترکیبات گوگردی تبدیل می‌کنند.

به علت حساسیت‌های اشاره شده در بالا، در این تحقیق آخرین روش‌های ارزیابی اسکونجرها در حال حاضر در ایران و دنیا مورد بررسی قرار گرفت و روش مناسب جهت ارزیابی کارایی اسکونجر در نفت‌های خام ایران ارائه گردید.

جدول ۱- مشخصات عمومی نفت خام آزمایشی حوزه مناطق جنوبی کشور

نتایج	استاندارد	خاصیت
۰/۸۵۰۶	ASTM D4052	وزن مخصوص در دمای ۱۵/۵۶ °C
۳۴/۹	ASTM D1298	API
۱/۳۴	ASTM D 2622	مقدار کل گوگرد (%wt)
۷۵	RIPI	مقدار سولفید هیدروژن (ppm)
۰/۰۶	ASTM D 1796	مقدار آب و رسوبات (%vol)
کمتر از ۰/۰۵	ASTM D 4006	مقدار آب (%vol)
۸	ASTM D 3230	مقدار نمک (lb/1000bbl)
۱۶/۱۸	ASTM D 445	ویسکوزیته سینماتیک در ۱۰ °C (mm ² /sec)
۷/۷۴۱	ASTM D 445	ویسکوزیته سینماتیک در ۲۰ °C (mm ² /sec)
۴/۴۳۷	ASTM D 445	ویسکوزیته سینماتیک در ۴۰ °C (mm ² /sec)
-۲۱	ASTM D 5853	نقطه ریزش (°C)
۸/۲۰	ASTM D 323	فشار بخار رد (psi)
۰/۸۳	IP 143	مقدار آسفالتین (%wt)
۶/۳	BP 237	مقدار واکس (%wt)
۲/۹۶	ASTM D 189	مقدار کربن باقی مانده (کنرادسون) (%wt)
کمتر از ۰/۰۵	UOP 565	مقدار عدد اسیدی (mg KOH/goil)
۹/۸	ASTM D 5863	مقدار نیکل (ppm)
۱۴/۰	ASTM D 5863	مقدار وانادیم (ppm)
۳۰/۰	ASTM D 5863	مقدار آهن (ppm)
۲۳/۰	ASTM D 5863	مقدار سدیم (ppm)

مشکلات روش غلظت ثابت اسکونجر

یکی از معایب این تکنیک، استفاده از روش UOP163 برای اندازه‌گیری سولفید هیدروژن است. زیرا این روش برای اندازه‌گیری همزمان سولفید هیدروژن و مرکاپتان در برش‌های نفتی و فرآورده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این، ماهیت پتانسیومتری این روش نیز مشکل ساز است. از آنجا که نفت خام، ماتریس پیچیده‌ای متشکل از ترکیبات هیدروکربنی مختلف است، امکان پوشش یا تخریب سطح الکترودها توسط آن بسیار محتمل است. در نتیجه معمولاً نتایج این روش قابل اطمینان یا رضایت‌بخش نمی‌باشد. علاوه بر این، حضور آسفالتین و واکس در نفت خام باعث تداخل در اندازه‌گیری سولفید هیدروژن می‌گردد.

بعد از مدت یک ساعت هم زدن کامل در دمای محیط، میزان سولفید هیدروژن آن با روش UOP163 اندازه‌گیری می‌شود. این آزمایش تحت شرایط یکسان برای مدت زمان یک شب تا صبح نیز انجام گرفته و نتایج این آزمایشات گزارش و مقایسه می‌شوند.

بر این اساس، ۴ نمونه از اسکونجرهای تجاری مربوط به شرکت داخلی در این مطالعه در پژوهشگاه صنعت نفت بر اساس دستورالعمل تولیدکنندگان، برگرفته از روش UOP163 مورد آزمایش قرار گرفتند که نتایج در جدول ۲ آورده شده است.

نفت خام مورد استفاده در تمام آزمایشات، نفت خام یکی از میادین مناطق جنوبی ایران با غلظت ۷۵ ppm سولفید هیدروژن بوده است.

جدول ۲- ارزیابی اسکونجرهای تجاری با استفاده از روش غلظت ثابت اسکونجر

نام نمونه	مقدار H ₂ S در نفت خام قبل از افزایش اسکونجر (ppm)	مقدار H ₂ S در نفت خام بعد از افزایش اسکونجر (ppm)	مقدار H ₂ S در نفت خام بعد از گذشت ۲۴ ساعت و بدون افزایش اسکونجر (ppm)	مقدار H ₂ S در نفت خام بعد از گذشت ۲۴ ساعت از افزایش اسکونجر (ppm)
اسکونجر شماره ۱	۷۵/۱	۱۰/۵	۴۲/۸	>۱/۰
اسکونجر شماره ۲	۷۵/۸	۴۷/۰	۴۳/۶	>۱/۰
اسکونجر شماره ۳	۷۵/۹	۵/۴	۴۳/۸	>۱/۰
اسکونجر شماره ۴	۷۵/۴	۲۶/۰	۴۳/۲	۱۷/۱

(معمولاً ۱۰۰ gr) اضافه شده و روند تغییرات پتانسیل نسبت به زمان و حجم مصرفی اسکونجر مطابق شکل های شماره ۱ و ۲ ثبت می شود.

جهش هایی که در هر دو منحنی در پتانسیل مشاهده می شود، مربوط به نقطه اکی والان تیتراسیون سولفید هیدروژن توسط اسکونجر می باشد. در نقطه اکی والان تقریباً تمام سولفید هیدروژن توسط اسکونجر خنثی شده و نفت خام عاری از سولفید هیدروژن می گردد. همان گونه که قبلاً اشاره شد، واکنش ها می توانند بر اساس واکنش های اسید- باز، واکنش های تشکیل کمپلکس و یا رسوب و واکنش های اکسیداسیون - احیاء باشند. معمولاً واکنش های اکسیداسیون - احیاء و اسید- باز سرعت عمل بالایی دارند و در این روش ارزیابی، موفق تر عمل می کنند.

شکل های شماره ۲ و ۳ به ترتیب مربوط به منحنی های تیتراسیون حجمی و مشتق حین افزایش تدریجی یک اسکونجر تجاری به نفت خام آزمایشی (مربوط به حوزه نفتی مناطق جنوبی کشور) را نشان می دهند.

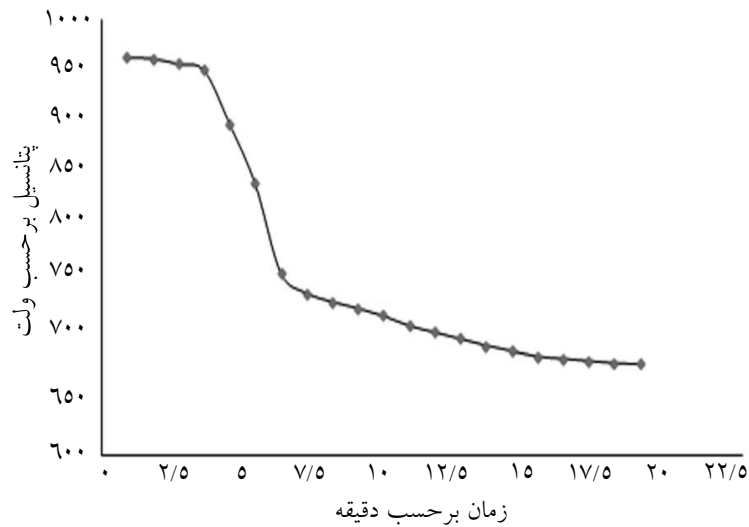
بررسی های اولیه مؤید این مطلب است که پتانسیل الکتروود تابع غلظت یون سولفید و یا سولفید هیدروژن آزاد موجود در نفت خام بوده و تا زمانی که سولفید هیدروژن در نفت خام موجود است، پتانسیل الکتروود بسته به غلظت سولفید هیدروژن در محدوده مشخصی بین ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ mv می باشد. بنابراین معیار سنجش در این روش، کاهش سولفید هیدروژن و تغییرات پتانسیل الکتروود می باشد که می تواند میزان سولفید هیدروژن موجود در نفت خام را رصد کند.

صرف زمان های طولانی برای بررسی نتیجه از معایب دیگر این روش برای ارزیابی اسکونجرها به شمار می رود. استفاده از این روش برای ارزیابی اسکونجرهایی با سینتیک سریع واکنش حذف، مناسب نمی باشد. در مورد اسکونجرهایی که سینتیک حذف کندی دارند، باید به این نکته توجه نمود که اگرچه این اسکونجرها به زمان طولانی تری نیاز دارند اما کاهش خودبه خودی سولفید هیدروژن از نفت خام نیز که تابع زمان، دما و فشار بخار نفت خام در شرایط اتمسفریک است، نباید نادیده گرفته شود.

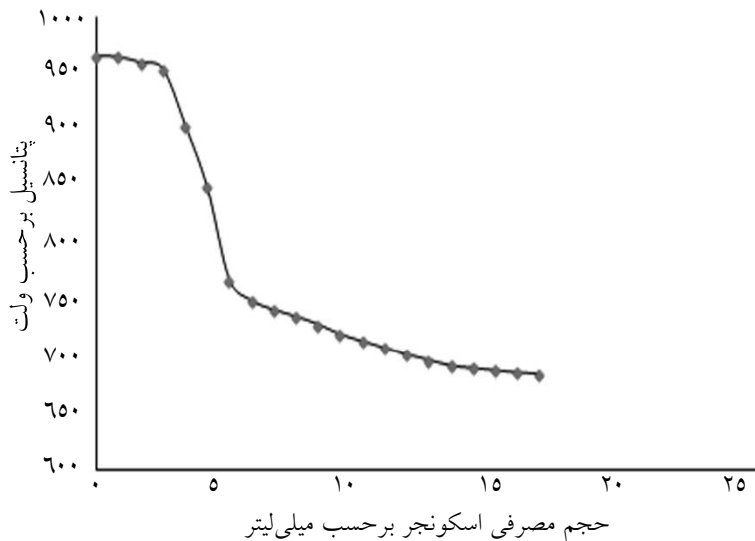
همان گونه که در جدول شماره ۲ ملاحظه می شود، بدون استفاده از هرگونه اسکونجر تجاری، میزان سولفید هیدروژن موجود در نفت خام بعد از گذشت یک شبانه روز از ۷۵ ppm به ۴۳ ppm رسیده است، که این میزان کاهش معمولاً به حساب اسکونجر گذاشته می شود. در نتیجه صرف زمان های طولانی ۱ ساعت یا یک شبانه روز از جمله معایب دیگری است که در این شیوه ارزیابی مشاهده می شود.

روش غلظت متغیر اسکونجر (روش دینامیک)^۱

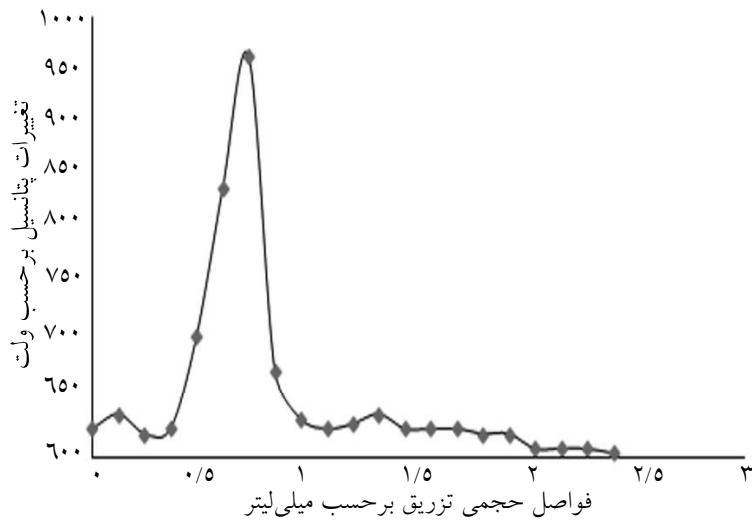
این روش که در پژوهشگاه صنعت نفت تدوین شده، از سرعت عمل بالایی برخوردار است. اساس ارزیابی در این روش، بر مبنای اندازه گیری و تعقیب تغییرات پتانسیل نفت خام در حین افزایش تدریجی اسکونجر در طول یک زمان مشخص استوار است. شکل شماره ۱ روند تغییرات پتانسیل ۱۰۰ gr نفت دارای ۷۵ ppm سولفید هیدروژن را بر حسب زمان با استفاده از یک اسکونجر تجاری نشان می دهد. در روش RIPI معمولاً در فواصل زمانی یک دقیقه حدود ۵۰ µl از اسکونجر به مقدار مشخصی از نفت خام



شکل ۱- روند تغییرات پتانسیل نفت خام سبک آزمایشی با افزایش یک اسکونجر تجاری نسبت به زمان



شکل ۲- روند پاسخ الکتروود به افزایش تدریجی اسکونجر به نفت خام آزمایشی



شکل ۳- روند تغییرات پتانسیل الکتروود بر حسب فواصل حجمی افزایش اسکونجر به نفت خام آزمایشی

نتیجه‌گیری

اگرچه از نظر انتخاب اسکونجر هر دو روش نتایج یکسانی دارند، اما روش RIPI اطلاعات بیشتری نظیر مدت زمان عملکرد موثر اسکونجر و همچنین تعیین نقطه اکی‌والان اسکونجر را در اختیار قرار می‌دهد.

از نتایج چنین برمی‌آید که برخی واکنش‌ها سینتیک کندی داشته و برای حذف سولفید هیدروژن به مدت زمان بیشتر یا مقدار بالاتری نیاز دارند. در روش تدوین شده در این مطالعه که بر اساس افزایش تدریجی اسکونجر می‌باشد، سرعت اندازه‌گیری بالا بوده و حدود ۲۰ اندازه‌گیری در هر ارزیابی انجام شده است. در حالی که در روش مقدار ثابت اسکونجر فقط یک اندازه‌گیری در هر مقدار اسکونجر و در یک زمان ثابت انجام شده است.

نتایج روش RIPI نشان می‌دهد که میزان مصرف اسکونجرهای تجاری برای حذف مؤثر و سریع سولفید هیدروژن در زمان ۱۵ تا ۲۰ دقیقه، حدود ۱/۶۰ تا ۱/۴۰ [H₂S]/[Scavenger] می‌باشد.

بر اساس آزمایشات انجام شده نتایج زیر به دست آمد:

- مطالعات مربوط به ارزیابی اسکونجرها و کارایی آنها در شرایط محدود و در غلظت‌های پایین سولفید هیدروژن نظیر مقادیر کمتر از ۵۰۰ ppm برای شیرین‌سازی نفت خام کاربرد داشته و قابل استفاده می‌باشد.

- ارزیابی دقیق اسکونجرها و بررسی کارایی آنها در کنترل مسائل زیست محیطی با مصرف کمتر، کاهش هزینه‌های عملیاتی و همچنین ارتقاء کیفیت نفت‌های خام صادراتی بسیار حائز اهمیت است.

تجربه نشان می‌دهد که زمانی که نفت خام عاری از سولفید هیدروژن می‌گردد، پتانسیل الکتروود به کمتر از ۷۵۰ mv تغییر می‌یابد که این نکته می‌تواند مبنای تشخیص قرار داده شود. در ارزیابی کارایی اسکونجر دو پارامتر زمان و مقدار مصرفی از اساسی‌ترین پارامترها می‌باشند. بنابراین، در این روش نقطه‌ای که پتانسیل با افزایش تدریجی اسکونجر، از مقادیر ۹۰۰- یا ۱۲۰۰ به ۷۵۰ میلی‌ولت می‌رسد، نقطه اکی‌والان مصرفی اسکونجر برای کاهش سولفید هیدروژن به کمتر از ۱ ppm در نظر گرفته می‌شود. در این روش نیز مانند روش اول از ۱۰۰ gr نفت خام استفاده شده است. سپس در محدوده‌های زمانی یک دقیقه با افزایش ۵۰ تا ۱۰۰ μ l از اسکونجر روند تغییرات در طول ۱۵ تا ۲۰ دقیقه ثبت شده و تغییرات پتانسیل الکتروود کنترل می‌گردد. همان‌طور که از نتایج آزمایشات انجام شده بر روی یک نمونه اسکونجر تجاری جهت حذف ۷۵ ppm سولفید هیدروژن از ۱۰۰ gr نفت خام بالارود مسجد سلیمان مشاهده می‌گردد، طی مدت ۸ دقیقه و با استفاده از ۰/۷ ml اسکونجر، میزان سولفید هیدروژن به کمتر از ۱ ppm می‌رسد.

به منظور بررسی دقیق‌تر ۴ نمونه اسکونجر تجاری نیز با استفاده از این روش مورد ارزیابی قرار گرفتند که نتایج آن در جدول شماره ۳ ارائه شده است.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، اسکونجرهای ۱ و ۳ نسبت به سایر اسکونجرها عملکرد بهتری داشته‌اند، اما مقدار کمتری از اسکونجر ۱ مصرف شده است. از سوی دیگر اسکونجر ۳ سرعت عمل بیشتری دارد. به طوری که ۱ ml از آن می‌تواند سولفید هیدروژن موجود در نفت خام را در مدت ۷ دقیقه خنثی نماید.

جدول ۳- ارزیابی اسکونجرهای تجاری با استفاده از روش RIPI (نمونه نفت خام آزمایشی، به وزن ۱۰۰ gr)

نام نمونه	حجم مصرفی (ml)	پتانسیل اولیه (mv)	پتانسیل پایانی (mv)	کل زمان تصفیه (min)
اسکونجر شماره ۱	۰/۶۵	۱۱۰۰	۸۰۵	۱۵/۰
اسکونجر شماره ۲	۰/۵۵	۱۰۸۰	۸۹۰	۱۰/۲
اسکونجر شماره ۳	۱/۰	۱۰۰۰	۸۶۰	۷/۳
اسکونجر شماره ۴	۱/۰	۱۱۰۰	۹۴۵	۱۲/۱

مراجع

- [1] Czogalla C. D., and Boberg F., "Sulfur compounds in fossil fuels, *Sulfur Reports*", vol. 3, pp. 121-167, 1983.
- [2] Cyr T. D., "A homologous series of novel hopane sulfides in petroleum, *Organic Geochemistry*", vol. 9, pp. 139-143, 1986.
- [3] Damste J. S. S., Rijpstra W. I. C., Leeuw J. W., and Schenck P. A., "Origin of organic sulfur compounds and sulfur containing high molecular weight substances in sediments and immature crude oils", *Organic Geochemistry*, vol. 13, pp. 593-606, 1988.
- [4] Whitehurst D. D., Isoda T., and Mochida I., "Present state of the art and future challenges in the hydrodesulfurization of polyaromatic sulfur compounds", *Advances in catalysis*, vol. 42, 1998.
- [5] Wauquier J. P., *Petroleum refining crude oil - petroleum products process flow sheets*, Editions Technip publisher, Paris, 1995.
- [6] Ma X., Sakanishi K, and Mochida I., "Hydrodesulfurization reactivities of various sulfur compounds in diesel fuel, *Industrial & Engineering Chemistry Research*", vol. 33, pp. 218-222, 1994.
- [7] Rall H.T., Thompson C. J., Coleman H.J., and Hopkins R.L., "Sulfur compounds in crude oil", U.S Bureau of Mines Bulletin, vol. 659, pp. 215-222, 1972.
- [8] Babich I. V., and Moulijn J. A., "Science and technology of novel processes for deep desulfurization of oil refinery streams: a review", *Fuel*, vol. 82, pp. 607-631, 2003.
- [9] Occupational safety and health administration (OSHA). U.S. Department of Labor, www.osha.gov, October 2005.
- [10] Ma X., Sakanishi K., Isoda T., and Mochida I. "Comparison of sulfided Co-Mo/Al₂O₃ and Ni-Mo/Al₂O₃ catalysts in deep hydrodesulfurization of gas oil fraction", *Preprints of papers-American Chemical Society, Division of Fuel chemistry*, vol. 39, pp. 622-626, 1994.
- [11] Francis R. E. T., Manning S., and Thompson R. E., "Oilfield Processing of Petroleum: Crude oil", Penn Well Publishing Company, USA, vol. 2, 1995.
- [12] Sid Kalal H., Miran Beigi A. A., Farazmand M., and Tash Sh. A., "Determination of trace elemental sulfur and hydrogen sulfide in petroleum and its distillates by preliminary extraction with voltammetric detection", *Analyst*, vol. 125, pp. 903-908, 2000.
- [13] Mel'nikova L. A., and Lyapina N. K., "Structural group composition of organosulfur compounds of distillates of Orenburg crude", *Neftekhimiya*, vol. 18, pp. 291-297, 1978.