

سنتز و ارزیابی عملکرد آلکیل سولفوسوکسینات اتوکسیله در بسته‌های پراکنده‌ساز (دیسپرسانت) لکه‌های نفتی در دریا

پژوهش نفت

سال بیست و دوم

شماره ۷۲

صفحه ۱۳۱-۱۲۰، ۱۳۹۱

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۱۰/۲۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۴/۲۴

داریوش فرخانی*، علی اصغر خلیلی

پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشکده شیمی پتروشیمی

Farkhanid@ripi.ir

چکیده

سولفوسوکسینات‌ها با عملکرد افزایش ترکندگی، کف‌کنندگی، تشکیل امولسیون و پخش‌کنندگی در فرمولاسیون‌های مختلف سیالات صنعتی دارای طیف کاربردی گسترده‌ای می‌باشند. سولفوسوکسینات‌ها از جمله نمک سدیم دی‌اکتیل سولفوسوکسینات، در فرمولاسیون پراکنده‌سازها به عنوان زایل‌کننده لکه‌های نفتی در دریا مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق به منظور بهبود در خواص آلکیل سولفوسوکسینات تجارتي سعی گردید تا با اتوکسیلاسیون مشتق نیمه استر مالیک اسید، ضمن افزایش حلالیت جزء سولفوسوکسینات در آب با سختی بالا، در عملکرد و ترکندگی آن افزایش داده شود. واکنش حد واسط اتوکسیلاسیون نامتفان از افزایش جزء پلی‌اکسی اتیلنی با جرم ملکولی مختلف (از طریق اتوکسیلاسیون) و یا واکنش مشتق نیمه استر، با پلی‌اتیلن گلیکول به دست آمد که متعاقباً در نتیجه واکنش با دی‌سولفیت سدیم به مشتق سدیم ایزواکتیل سولفوسوکسینات تبدیل گردید. نظر به اینکه یک فرمولاسیون پراکنده‌ساز بسته به نوع نفت خام در محدوده

مشخصی از تعادل آب‌دوستی و آب‌گریزی قادر به انتقال نفت خام و آلودگی نفتی به ستون آبی می‌باشد، فرمولاسیون با اجزای کنترل‌کننده آب‌دوست و آب‌گریز در محدوده مناسب مجدداً تعریف گردید. (نسبت به استفاده خالص از سدیم دی‌اکتیل سولفوسوکسینات) لازم به یاد آوری است جزء به کار رفته بایستی دارای ویژگی عدم سمیت، تجزیه‌پذیری بیولوژیکی و دیگر پارامترهای مطرح در این زمینه باشد. در این پژوهش اثر بخشی در فرمولاسیون بسته پراکنده‌ساز ابداعی متشکل از میزان بالای سدیم سولفوسوکسینات اتوکسیله ۶۷٪ در کنار سدیم سولفوسوکسینات تجارتي ۳۳٪ مورد ارزیابی قرار گرفت و مشخص گردید که با توجه به خصوصیات نفت خام، منو آلکیل سولفوسوکسینات‌های اتوکسیله نقش بسیار مهمی در فرمولاسیون‌های پراکنده‌ساز به عنوان زایل‌کننده لکه‌های نفتی را دارا می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: سدیم منوآلکیل سولفوسوکسینات اتوکسیله، پراکنده‌ساز (دیسپرسانت) لکه‌های نفتی، سولفوسوکسینات‌های اتوکسیله نامتفان، اتوکسیلاسیون

مقدمه

حذف نفت از سطح دریا با سرعت بیشتر از حالت طبیعی شده و در معرض نور و عوامل تجزیه کننده بیولوژیکی نظیر میکرو ارگانیسم‌ها (با اضافه نمودن و یا ترجیحاً با حضور در محیط زیست) از نفت به عنوان منبع کربن و انرژی استفاده نموده و اجزای تشکیل دهنده آن را به صورت ایده‌آل به دی اکسید کربن و آب تبدیل می‌نماید [۱۵-۱۱].

پراکنده‌سازهای جدید و یا نسل سومی، مخلوطی از مواد فعال سطحی (استرهای چرب، الکل‌های اتوکسیله، آمین‌ها، آمیدها و غیره) و حلال‌هایی که به طور جزئی با آب مخلوط‌پذیرند (اساساً از پلی اتیلن گلیکول اترها) تشکیل گردیده‌اند و کاهش سمیت آنها به صورت زیر می‌باشد:

> هیدروکربن‌های اشباع > گلیکول اترها > الکل‌ها
هیدروکربن‌های آروماتیک

پراکنده‌سازهای نفتی عموماً از سه نوع ماده شیمیایی تشکیل یافته‌اند که عبارتند از ماده فعال سطحی، حلال، و ماده افزودنی که نقش ماده افزودنی کاهش کشش سطحی بین نفت و آب O/W می‌باشد که به طور مناسبی باعث پراکنده‌سازی قطرات ریز نفت در آب می‌شود. نقش حلال جهت رقیق‌سازی ماده فعال سطحی و ماده افزودنی و در نهایت همگن نمودن سیستم می‌باشد. و نقش ماده افزودنی به منظور افزایش در توانایی تجزیه‌پذیری زیستی قطرات پراکنده شده و بهبود در حلالیت پراکنده‌ساز در لایه نفتی و افزایش در پایداری دراز مدت آن می‌باشد.

از طرف دیگر پراکنده‌سازها باعث بازداری از چسبندگی مجدد قطرات ریز نفت به یکدیگر و تشکیل امولسیون پایدار نفت-آب شده و سطح مشترک آنها توسط یک ماده فعال سطحی، پایدار باقی می‌مانند. اجزای کلیدی یک بسته از پراکنده‌ساز متشکل از یک و یا بیش از یک ماده فعال سطحی است که دارای بخش آب‌دوست (هیدروفیل) و چربی دوست (لیپوفیل) و حلال به عنوان کاهنده ویسکوزیته و تسریع کننده در پراکنده‌سازی می‌باشد و رفتار آنها متأثر از تعادل بین گروه‌های آب‌دوست و

نشت نفت در دریا و آبراه‌های بین المللی منجر به آلودگی آب‌های دریا می‌شود. آثار آلودگی‌های نفتی را باید به دونوع دراز مدت و کوتاه مدت تقسیم نمود. تأثیر کوتاه مدت آن خفگی ناشی از پوشش لکه‌های نفتی و مسمومیت حاصل از آن در کاهش انتقال نور باعث ممانعت از عمل فتوسنتز در گیاهان آبی می‌شود، لایه‌های نفتی سرعت جذب اکسیژن هوا به وسیله آب را بسیار کند می‌کند، به نحوی که میزان غلظت اکسیژن در لایه‌های آب زیر لکه‌های نفتی حتی از لایه‌های عمیق آب نیز کمتر است.

لایه نفتی با اجزای معدنی موجود در دریا لایه سنگین تری را تشکیل داده و به کف دریا رسوب می‌نماید و باعث صدمه به گیاهان و آبزیان می‌شود. از طرف دیگر تأثیر آلودگی نفتی بر زندگی گیاهان موجود در خطوط ساحلی موضوع با اهمیت دیگری می‌باشد. گزارش‌ها حاکی از انهدام جلبک‌ها و سایر گیاهان ساحلی است. در این میان هیدروکربن‌های حلقوی یا آروماتیک‌ها باعث مسمومیت آبزیان در دریا می‌شوند و به طور کلی یک توده بزرگ آلودگی نفتی در زمان کوتاهی طیف وسیعی از موجودات دریایی را دچار مسمومیت و مرگ می‌کند. از آثار دراز مدت آلودگی‌های نفتی می‌توان به پایداری ترکیبات آلی در بدن موجودات زنده دریا اشاره کرد که این مهم نهایتاً سبب غذایی انسان را مورد تهدید قرار می‌دهد.

امروزه روش‌های مختلفی جهت کنترل آلودگی‌های نفتی ارائه گردیده است که روش‌های مکانیکی و بیولوژیکی، جاذب‌ها و پراکنده‌سازها (دیسپرسانت‌ها) از مهمترین موارد آنها می‌باشند [۱۰-۱].

یکی از روش‌های پاکسازی لکه‌های نفتی از سطح دریا به کارگیری پراکنده‌سازها با عملکرد متفرق‌کنندگی لکه‌های نفتی است. به کارگیری پراکنده‌سازهای شیمیایی علیه یک لایه نفتی باعث کاهش کشش سطحی در سطح مشترک آب و نفت می‌گردد. به طوری که با حداقل انرژی مخلوط‌پذیری باعث گسترش سطح و شکسته شدن لایه نفتی به قطرات بسیار ریز و افزایش سرعت نفوذ اکسیژن در فاز نفت خام می‌شود و بدین ترتیب استفاده از آنها باعث شتاب‌دهی در

ارزیابی قرار گرفت و این نتیجه گیری به عمل آمد که بسته به نوع نفت خام، سدیم ایزواکتیل سولفوسوسینات‌های اتوکسیله، پتانسیل عملکرد مناسبتری نسبت به نوع سدیم دی ایزواکتیل سولفوسوسینات تجارتي (AOT) در فرمولاسیون‌های یک پراکنده ساز به منظور زایل کردن لکه‌های نفتی را دارا می‌باشند.

الصباح و سایر همکاران از انستیتوی پژوهشی نفت کشور مصر از واکنش سولفوسوسینیک اسید و یک الکل چرب در کنار پلی اتیلن گلیکول، منوآلکیل سولفوسوسینات اتوکسیله با درجات مختلف اتوکسیلاسیون سنتز نموده اند [۱۸].

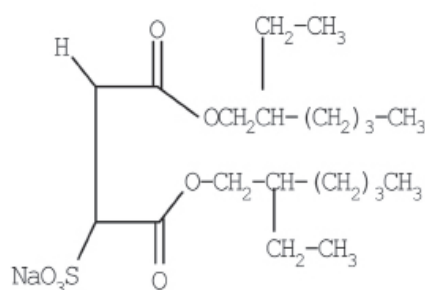
خواص ترمودینامیکی این مواد فعال سطحی با سدیم دی اکتیل سولفوسوسینات به عنوان ماده فعال سطحی متعارف مقایسه گردید. و با اندازه‌گیری کشش سطحی در دماهای مختلف، غلظت بحرانی مایسل‌ها محاسبه شدند. تأثیر گذاری واحدهای اتیلن اکساید و طول زنجیره آلکیل بر خواص سطحی نیز مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته است که نتایج نشان‌دهنده افزایش خاصیت جذب مواد فعال سطحی با حضور اتیلن اکساید در ساختار ملکولی آنها می‌باشد.

در تحقیق دیگری همین محققین خواص سطحی، به خصوص نقطه ریزش^۴ و پایداری امولسیون برای منو آلکیل سولفوسوسینات‌های اتوکسیله (اکتیل - دودسیل و ستیل) را مورد بررسی و با دی اکتیل سولفوسوسینات مقایسه کرده‌اند.

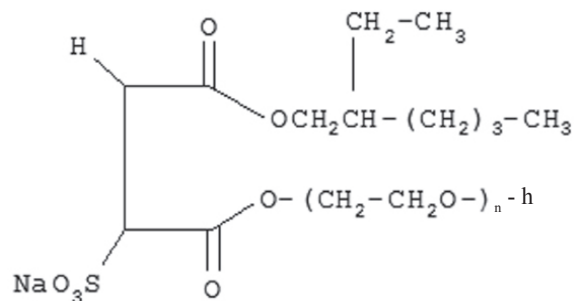
آب‌گریز^۱ در یک ملکول شکل می‌یابد، مشخصات مطلوب از نظر آب‌دوستی و آب‌گریزی با به کارگیری ترکیبات با HLB بالای ۱۳ و کمتر از ۴ به دست آمده است [۱۶].

به طور کلی مواد فعال سطحی به چهار دسته آنیونی، کاتیونی، غیر یونی و آمفوتریک تقسیم می‌گردند. استرهای آنیونی سولفوسوسینات اولین بار توسط کمپانی سیان آمید با نام تجارتي آیروسول^۲ به عنوان عامل فعال سطحی تولید گردید [۱۷]. در این تحقیق فرمولاسیون بسته پراکنده ساز آنیونیک سدیم ایزواکتیل سولفوسوسینات اتوکسیله با عملکرد تر کنندگی^۳ و بمنظور حذف کننده لکه‌های ناشی از نفت در دریا سنتز و مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۱). ساختار ملکولی سدیم ایزواکتیل سولفوسوسینات اتوکسیله دارای دو بخش آنیونی و غیر یونی است که به این ساختار این موقعیت را می‌دهد که به هر شکلی خاصیت پراکنده سازی داشته باشد.

نظر به اینکه فرمولاسیون یک پراکنده‌ساز در محدوده خاصی از تعادل آبدوستی و آبگریزی قادر به انتقال نفت خام و آلودگی‌های نفتی به ستون آبی می‌باشد لذا فرمولاسیون با اجزاء کنترل کننده ترکیب در محدوده مناسب (از تعادل آبدوستی و آبگریزی) تعریف گردید و در ارزیابی به عمل آمده میزان کارآیی و اثر بخشی مخلوط سدیم سولفوسوسینات اتوکسیله به میزان (۶۷٪) در کنار سدیم سولفوسوسینات تجارتي به میزان (۳۳٪) مورد



ب



الف: n=9,14

شکل ۱- الف: ساختار مولکولی سدیم ایزواکتیل سولفوسوسینات اتوکسیله، ب: ساختار مولکولی سدیم دی ایزواکتیل سولفوسوسینات

1. Hydrophilic Lipophilic Balance (HLB)
2. Aerosol
3. Wetting Agent
4. Krafft Point

در جدول ۱ آورده شده است.

انیدرید مالیک با خلوص بالای ۹۹٪، سدیم دی سولفیت ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) ۹۹٪ ساخت شرکت مرک، ۲- اتیل هگزانول شرکت پتروشیمی اراک با خلوص ۹۹/۵٪، کلروفرم با در صد خلوص ۹۹٪ و دی ترشری بوتیل پراکسید با خلوص ۹۸٪ ساخت شرکت آلدریچ، پلی اتیلن گلیکول با وزن ملکولی متوسط ۶۰۰ و با درجه خلوص بالای ۹۹٪ ساخت کارخانه Riedel- deHaen تهیه و بدون خلص سازی مورد استفاده قرار گرفت. آب مورد استفاده در آزمایشات از آب دریای خلیج فارس با مشخصات زیر تهیه گردید.

سنتز سدیم منو آلکیل سولفوسوکسینات اتوکسیله

مرحله اول: در یک بشر ۵۰۰ میلی لیتر مجهز به همزن مکانیکی و ترمومتر، ۲۰۰ گرم (۲/۰۴ مول) مالیک انیدرید ریخته و پس از گرم نمودن تا دمای 60°C و ذوب کامل، توسط قیف جدا کننده قطره قطره به آن ۲۶۰/۵ گرم (۲ مول) ۲- اتیل هگزانول اضافه شد. با اختلاط کامل مخلوط، دما به آرامی به $85-80^\circ\text{C}$ افزایش یافت و طی ۲ ساعت با کنترل دقیق دما واکنش ادامه یافت. در پایان با نمونه گیری از مخلوط واکنش عدد اسیدی مخلوط واکنش حدود 240 mg KOH/g اندازه گیری گردید که نزدیک به عدد اسیدی استاندارد بود لذا با قطع جریان واکنش و افزایش محلول سود ۱۰٪ خنثی سازی مخلوط واکنش تا مرحله قلیایی ادامه یافت و بدین ترتیب نمک سدیم ایزواکتیل مالئات در فاز آبی تشکیل گردید.

این مواد فعال سطحی به عنوان پراکنده ساز لکه های نفتی با استفاده از روش اسکرین^۱ مورد ارزیابی قرار گرفتند نتایج حاصله نشان دهنده آن است که حضور واحد اتیلن اکساید در نیمی از ساختار مخلوط ماده فعال سطحی (آنیونیک- غیر یونی) بهبود دهنده نقطه ریزش و کاهش دهنده در فوم پذیری و پایداری امولسیون این مواد فعال سطحی گردیده و توانایی در پراکنده سازی آنها در آب دریا بهتر از آب شهر بوده است در نتیجه افزایش واحدهای اتیلن اکساید تأثیر مثبتی بر پراکنده سازی لکه های نفتی داشته است [۲۰-۱۹].

در این تحقیق در ابتدا مشتق مونو استر سوکسینیک اسید از ترکیب انیدرید مالیک با ایزواکتیل الکل سنتز گردید و سپس مراحل تبدیل آن به سدیم ایزو اکتیل سولفوسوکسینات اتوکسیله از طریق اتوکسیلاسیون و سولفوناسیون انجام شد و مراحل شناسایی آن از طریق طیف سنجی (زیر قرمز، رزونانس مغناطیسی هسته پروتون) انجام و مورد تایید قرار گرفت.

بخش تجربی

مواد و دستگاهها

راکتور استینلس استیل^۲ ۳۰۰ میلی لیتر با تحمل فشار گاز 2000 psig و دارای همزن توربینی و گرداننده مغناطیسی ساخت شرکت آمریکایی Parr، دستگاه FT-IR مدل IFS88 ساخت شرکت بروکر آلمان، دستگاه $^1\text{H-NMR}$ 500MHz ساخت شرکت بروکر آلمان و دستگاه اسپکتروفتومتر مدل U-2800 شرکت هیتاچی ژاپن جهت شناسایی مورد استفاده قرار گرفتند و مشخصات آنالیز آب مورد استفاده در آزمایشات

جدول ۱- مشخصات آب دریای خلیج فارس (آنالیز نمونه آب در پژوهشگاه صنعت نفت انجام شده است)

| روش استاندارد | مقدار (میلی گرم/لیتر) | پارامتر |
|--|-----------------------|------------------|
| Standard Method 2540C | ۴۵۰۰ | TDS ^۳ |
| Standard Method 2540C | ۱۳۰۰ | سختی کلسیم |
| Standard Method 2540C | ۲۰۰۰ | سختی منیزیم |
| Standard Method 4500 Cl ⁻ E | ۲۳۰۰ | یون کلراید |
| Standard Method 4500 SO ₄ ⁻² D | ۲۵۰۰ | یون سولفات |

1. Screen Test

2. (S_S_316L)316L7

3. Total Dissolve Solids

پایان، با سرد نمودن تدریجی راکتور در دمای محیط، اکسید اتیلن اضافی با عبور گاز نیتروژن به درون راکتور با عبور از تله آب و اسید خنثی گردید. با باز نمودن درب راکتور و توزین نمونه، وزن اکسید اتیلن جذب شده توسط مخلوط واکنش ۷۲/۸ تعیین شد. محصول با ۰/۴ گرم اسید فسفریک غلیظ خنثی شد و بر مبنای میزان جذب اکسید اتیلن بطور متوسط درجه اتواکسیلاسیون در هر ملکول حدود ۹-۸ واحد به دست آمد.

مرحله سوم: ۱۲۲۷ گرم (۱/۲۷ مول) ایزو اکتیل مالئات ۱۴ مول اتوکسیله با ۱۳۳ گرم سدیم دی سولفیت حل شده در ۱۷۵ گرم آب و ۷۷ گرم اتانول مخلوط گردید و در حضور ۲/۸ گرم دی ترشری بوتیل پراکسید در دمای ۸۵-۸۰ °C به مدت ۳/۵-۲/۵ ساعت ریفلاکس شد تا با باز شدن باندها دوگانه الفینی ایزو اکتیل مالئات اتوکسیله، سدیم دی سولفیت در آن جایگزین شود و بدین ترتیب در پایان با تقطیر آب و الکل مقدار ۱۲۵۰ گرم سدیم ایزو اکتیل سولفوسوکسینات ۱۴ مول اتوکسیله با بازدهی حدود ۸۸/۵٪ حاصل گردید.

لازم به ذکر است با تکرار این مرحله با ایزو اکتیل مالئات ۹ مول اتوکسیله، محصول سدیم ایزو اکتیل سولفوسوکسینات ۹ مول اتوکسیله به دست آمد. بهره کلی محصول واکنش نسبت به ماده اولیه انیدرید مالیک ۶۳٪ بوده است.

تست کاربردی

یک قیف جدا کننده با ابعاد مشخص، ۲۵۰ میلی لیتر از آب دریا در دمای ۱۰±۰/۵ °C پر شده و در حین آزمایش این دما ثابت نگهداشته می شود. ۵ میلی لیتر از نفت خام از طریق سرنگ به آرامی به آب سرد اضافه می گردد. با گذشت یک دقیقه دمای نفت با دمای آب سرد یکسان می شود. با وزن نمودن سرنگ قبل و بعد از افزایش، وزن نفت خام افزوده شده محاسبه شد.

از طریق سرنگ مخصوص مقدار ۰/۲ میلی لیتر از پراکنده ساز غلیظ بر سطح نفت افزوده گردید و به مدت ۲ دقیقه با سرعت چرخش ۳۳±۱ دور بر دقیقه در محور افقی چرخانده شد و در پایان با برداشتن در پوش قیف

استخراج ناخالصی دی ایزواکتیل مالئات از فاز آبی توسط ۲۰۰ میلی لیتر دی اتیل اتر انجام شد و با اسیدی نمودن فاز آبی توسط اسید کلریدریک رقیق (۲-۱ pH) محلول به صورت دو فاز آلی و آبی در یک قیف جدا کننده از یکدیگر تفکیک شدند. فاز آلی با منیزیم سولفات بدون آب خشک و فیلتر گردید و در نهایت ۳۶۰ گرم محصول با بازدهی ۷۹٪ به دست آمد [۲۱].

مرحله دوم: مقدار ۳۶۰ گرم (۱/۵۷ مول) ایزواکتیل مالئات در یک بالن دو لیتری وارد گردید و به آن ۹۴۲ گرم (۱/۵۷ مول) پلی اتیلن گلیکول با وزن ملکولی متوسط (۶۰۰)، ۲۰۰ میلی لیتر از مخلوط زایلن ها (حلال)، ۱/۵ گرم پارا تولوین سولفونیک اسید (کاتالیست) افزوده شد. با گرمایش مخلوط واکنش تا دمای ۱۴۰ °C خروج ۱۸ میلی لیتر (۱/۵ مول) آب توسط یک سیستم تقطیر آزوتروپیک در طی مدت زمان ۲ ساعت انجام شد. در ادامه با جداسازی کامل حلال، فاز آلی باقیمانده در ۳۰۰ میلی لیتر ایزوپروپانول حل گردید و با ورود در محلول فوق اشباع آب و نمک به مدت یک ساعت در دمای ۹۰ °C همراه با هم خوردن به صورت دو فاز آلی و آبی از یکدیگر تفکیک شدند. با جداسازی فاز آلی از فاز آبی و تقطیر ایزوپروپانول از فاز آلی مقدار ۱۲۲۷ گرم ایزو اکتیل مالئات اتوکسیله ۱۴ مول با بازدهی ۸۱٪ حاصل گردید.

سنتز ایزواکتیل مالئات با ساختار ملکولی متوسط ۹-۸ مول اتوکسیله در یک راکتور ۳۰۰ میلی لیتری تحت فشار از جنس استینلس استیل انجام شد. با ورود ۴۷ گرم ایزواکتیل مالئات به همراه ۰/۵ گرم پتاسیم هیدروکسید (کاتالیزور) به درون راکتور و با عبور گاز نیتروژن سیستم کاملاً عاری از هوا و تحت فشار ۱۵۰ psig گاز نیتروژن تست گردید. با گرم نمودن آن در دمای ۱۰۰ °C و تحت خلاء ۱۰ mmHg از مخلوط واکنش آب گیری به عمل آمد و با افزایش تدریجی دمای واکنش بین ۱۴۰-۱۳۰ °C، اکسید اتیلن به صورت پالسی و با تنظیم دور همزن ۷۵۰ دور بر دقیقه در طی مدت زمان ۲ ساعت به مخلوط واکنش افزوده شد. در جریان انجام این واکنش دمای راکتور در ۱۲۶ °C و فشار آن در محدوده ۱۴۰-۶۴ psig کنترل گردید در

منحنی کالیبراسیون می‌باشد. لذا توزین و انتقال ۰/۲، ۰/۵، ۰/۷، ۰/۹ گرم از نمونه نفت خام بهرگان ۲ در داخل بالن‌های ژوزه باحجم ۱۰۰ میلی‌لیتر انجام شد و با اضافه نمودن ۵۰ میلی‌لیتر کلروفرم به هریک و تکان دادن آنها نفت خام به خوبی در حلال حل گردید.

با اضافه نمودن مجدد حلال تا خط نشانه در هر فلاسک، میزان جذب هر نمونه در ۵۸۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد و نمودار کالیبراسیون نفت خام بهرگان ۲ (جدول شماره ۲ مشخصات نفت خام صادراتی بهرگان ۲) مطابق شکل ۲ ترسیم شد، و از طریق اندازه‌گیری جذب کلروفرم حاوی لکه‌های نفتی در مقابل کلروفرم شاهد در ۵۸۰ نانومتر ارتباط بین وزن مربوط به نمونه نفت خام پراکنده شده در آب دریا محاسبه و کارایی پراکنده‌ساز از طریق معادله کارایی (E) تعیین گردید.

بحث و نتایج

مراحل سنتز سدیم ایزواکتیل سولفوسوکسینات اتوکسیله طی سه مرحله انجام گردید (شکل ۳):

جداکننده و رهاسازی آن به مدت یک دقیقه از انتهای شیر خروجی در یک استوانه مدرج ۵۰ میلی‌لیتر آب و نفت نمونه گیری شد [۲۲-۲۳].

نمونه آب و نفت به یک قیف جداکننده ۱۰۰ میلی‌لیتری انتقال یافت و با شستشوی استوانه مدرج با کلروفرم و افزایش آن به نمونه، مراحل جداسازی آن در سه مرحله و در هر مرحله با ۲۰ میلی‌لیتر کلروفرم انجام گردید و در پایان از میان کاغذ فیلتر حاوی سولفات سدیم خشک عبور داده شد.

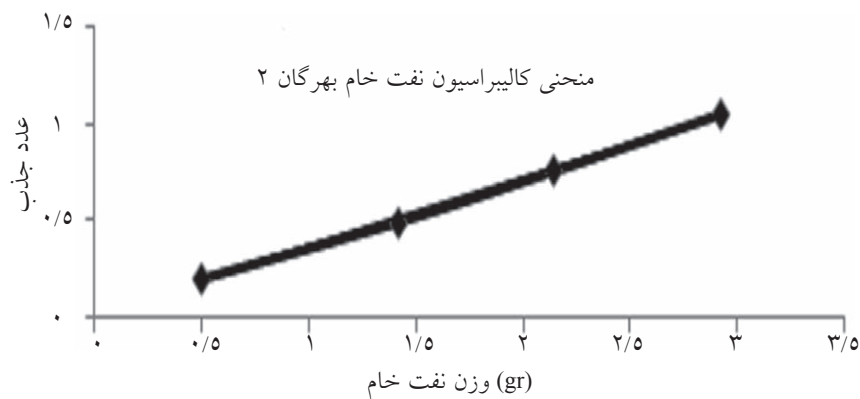
محلول خشک شده با افزایش کلروفرم به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتری رسانده شد و جذب کلروفرم در مقابل کلروفرم (شاهد) در ۵۸۰ نانومتر تعیین گردید و سپس با استفاده از نمودار کالیبراسیون شکل ۲ وزن نفت خام پراکنده شده به دست آمد و نهایتاً از معادله زیر، کارایی (E) پراکنده‌ساز محاسبه شد.

$$E = \frac{100 \times 5 \times \text{وزن نمونه خام پراکنده شده}}{\text{وزن کل نفت خام افزوده شده در فلاسک}}$$

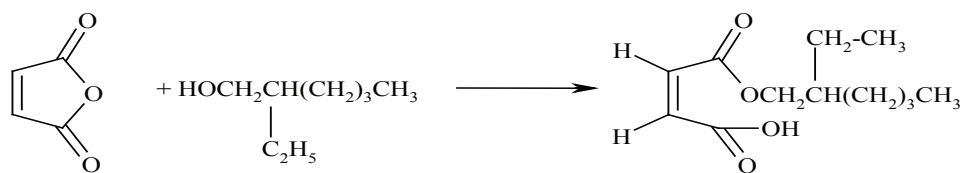
جهت تعیین وزن نفت خام پراکنده شده در آب نیاز به

جدول ۲- مشخصات نفت خام صادراتی بهرگان ۲

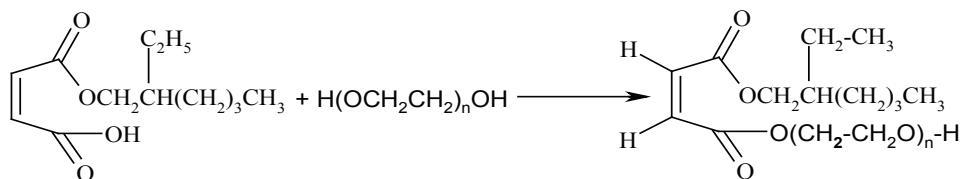
| روش‌های آزمون | نتایج | مشخصات |
|---------------|--------|------------------------------------|
| ASTM D-4052 | 0.8871 | Specific Gravity @ 15.56/15.56 ° C |
| ASTM D-4052 | 28.01 | API |
| ASTM D-2622 | 1.58 | %Sulphur content |
| RIPI | 1.0 > | wt |
| ASTM D-3228 | 0.26 | H ₂ S Content |
| ASTM D-96 | Trace | ppm |
| ASTM D-95 | Trace | %Nitrogn Total |
| ASTM D-3230 | 6 | wt |
| ASTM D-445 | 48.7 | %Base Sediment & Water |
| ASTM D-445 | 28.4 | Vol |
| ASTM D-445 | 13.0 | %Water content |
| ASTM D-97 | -18 | Vol |
| ASTM D-323 | 7.4 | Salt content |
| IP-143 | 3.0 | P.T.B |
| BP-237 | 5.44 | .Kinematic Viscosity @ 10 °C |
| IP-31 | 53 | c.St |
| ASTM D-189 | 7.17 | .Kinematic Viscosity @ 20 °C |
| ASTM D-482 | 0.01 | c.St |
| ASTM D-664 | 0.05 > | .Kinematic Viscosity @ 40 °C |
| UOP-800 | 22.0 | Pour Point |
| UOP-800 | 89.0 | °C |
| | | R.V.P |
| | | psi |
| | | %Asphaltiene |
| | | wt |
| | | %Wax content |
| | | wt |
| | | Drop Melting Point of Wax |
| | | °C |
| | | %Carbon residue (conrd) |
| | | wt |
| | | %Ash Content |
| | | wt |
| | | Acidity total |
| | | mgKOH/gr |
| | | Nickel |
| | | ppm |
| | | Vanadium |
| | | ppm |



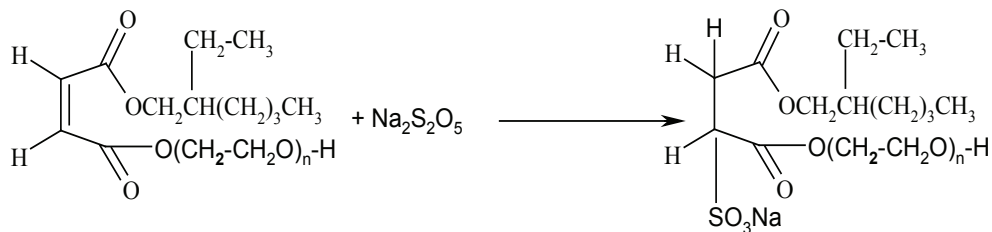
شکل ۲- نمودار کالیبراسیون نفت خام بهرگان ۲



مرحله ۱- ساخت ایزو اکتیل مالئات



مرحله ۲- ساخت ایزو اکتیل مالئات اتوکسیله n=9,14



مرحله ۳- ساخت سدیم ایزو اکتیل سولفوسکینات اتوکسیله n=9,14

شکل ۳- مراحل سنتز سدیم ایزو اکتیل سولفوسکینات اتوکسیله طی سه مرحله

نمودن ماده فعال سطحی، مواد افزودنی و همگن نمودن سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند که از جمله افزایش توانایی در تجزیه پذیری بیولوژیکی و بهبود در حلالیت پراکنده ساز در لایه لکه نفتی و افزایش زمان پایداری در تجزیه پذیری آن می‌باشد. ساختار ماده فعال سطحی منو آلکیل سولفوسوکسینات اتوکسیله از دو بخش آنیونی و غیر یونی تشکیل گردیده است و اصلی ترین عملکرد سولفوسوکسینات‌ها خاصیت ترکنندگی آنها می‌باشد. اتوکسیلاسیون نیمه استر سولفوسوکسینات می‌تواند در

شناسایی ساختار سدیم ایزو اکتیل مالئات اتوکسیله از طریق رزونانس مغناطیسی هسته پروتون و طیف سنجی زیر قرمز انجام شد و مشخصات آنها با منابع علمی مقایسه شد [۱۹] فرمولاسیون انواع تجاری پراکنده سازهای نفتی بر اساس سه ترکیب از مواد شیمیایی پایه گذاری گردیده است که از ماده فعال سطحی، حلال‌ها و مواد افزودنی تشکیل گردیده‌اند. ماده فعال سطحی عهده دار کاهش کشش سطحی بین نفت و آب (O/W) می‌باشد که به طور مناسبی نفت را به صورت قطرات ریز در آب پخش می‌نماید. حلال‌ها در جهت حل

پراکنده‌ساز مورد ارزیابی قرار گرفت. مشاهدات کلی به عمل آمده نشان می‌دهد که اطلاع از میزان درجه اتوکسیلاسیون در سولفوسوکسینات سنتزی در تنظیم تعادل بخش آب‌دوست و آب‌گریز فرمولاسیون دارای نقش کلیدی است و حتی تشکیل ساختارهای گلیکولی به عنوان فرآورده جانبی به موازات محصول اتوکسیله سولفوسوکسینات باعث متأثر شدن تعادل آب‌دوستی و آب‌گریزی گردیده و در عملکرد فرمولاسیون تأثیرگذار می‌باشد.

یکی از روش‌های ارزیابی عملکرد یک پراکنده‌ساز تست کاربردی^۱ W.S.L یا فلاسک چرخان می‌باشد. امتیاز این روش، شبیه‌سازی دقیق‌تر شرایط دریا و امکان ایجاد ارتباط با نتایج تست میدانی است در این روش تخمین مقدار نفت پراکنده شده از یک لکه نفتی در آب دریا در حضور پراکنده‌سازهای شیمیایی، تحت شرایط استاندارد مشابه شرایط دریا صورت می‌گیرد. مطابق این روش کارایی (E) پراکنده‌ساز عبارت است از درصد نفت مورد آزمایش که تحت شرایط آزمون به صورت قطرات ریز در فاز آبی توزیع می‌گردد.

در فرمولاسیون جدید پراکنده‌ساز، عملکرد سدیم ایزواکتیل سولفوسوکسینات ۹ و ۱۴ مول اتوکسیله در کنار سدیم دی ایزواکتیل سولفوسوکسینات مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول‌های ۳ و ۵) میزان کارایی (E) هر نمونه با اندازه‌گیری جذب کلروفورم استخراج شده (همراه با لکه‌های نفتی پراکنده شده در آب دریا) در مقابل کلروفورم شاهد در ۵۸۰ نانومتر میزان جذب هر نمونه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین گردید و سپس با استفاده از منحنی کالیبراسیون نفت صادراتی بهرگان ۲ (شکل ۲) وزن نفت خام پراکنده شده در آب دریا تعیین و از طریق معادله E در صد کارایی هر نمونه به دست آمد. در این تحقیق فرمولاسیون دونمونه سنتزی سدیم ایزواکتیل سولفوسوکسینات ۹ مول اتوکسیله و ۱۴ مول اتوکسیله مورد ارزیابی قرار گرفتند.

رفتار ترکنندگی مؤثر واقع شود در این پژوهش نقش سولفوسوکسینات‌های اتوکسیله در انجام عمل ترکنندگی در یک فرمولاسیون پراکنده‌ساز مد نظر بوده است و چگونگی عملکرد ساختارهای با ویژگی فوق در کنار سدیم دی اکتیل سولفوسوکسینات به ارزیابی گذاشته شده است.

الزاماً موادی که در فرمولاسیون پراکنده‌سازهای نسل سوم^۱ مورد استفاده قرار گرفته‌اند (مواد اولیه سنتزی) بایستی دارای منشأ طبیعی و تجزیه‌پذیری بیولوژیکی باشند که در این رابطه از استرهای سوربیتان، مشتقات اتوکسیله سوربیتان، حلال‌های فاقد ترکیبات آروماتیک (اجزاء سرطان‌زا) و کمک حلال به منظور ایجاد ارتباط و انجام بین بخش‌های قطبی و غیر قطبی فرمولاسیون مورد استفاده قرار گرفته است.

نکته اساسی در طراحی، سنتز و اجرای فرمولاسیون یک پراکنده‌ساز توجه به نوع نفت خام و ویژگی‌های آن است. بر این اساس دانسیته و ویسکوزیته، رزین آسفالتین، توزیع هیدروکربنی نفت خام از جمله پارامترهایی هستند که در تعیین مشخصات بسته پراکنده‌ساز دارای اهمیت بوده و این همخوانی و نفوذپذیری پراکنده‌ساز در نفت خام را از طریق تعادل بخش آب‌دوست و آب‌گریز (نسبت هیدروفیل به لیپوفیل) امکان‌پذیر می‌نماید. به این ترتیب عمل انتقال نفت در ستون‌های آبی در توزیع و پخش نفت و قرار گرفتن آن در معرض نور خورشید و موجودات بیولوژیک به منظور حذف هر چه سریع‌تر آن از محیط آبی فراهم می‌گردد.

در فرمولاسیون پراکنده‌ساز موادی نظیر استرهای سوربیتان، مشتقات اتوکسیله استرهای سوربیتان، حلال گلیگول اتر، حلال ایزو پارافینی فاقد آروماتیک، سدیم دی اکتیل سولفوسوکسینات و آب استفاده گردیده است که کاربرد این ترکیبات (یا اجزای مشابه) نشان‌دهنده عدم سمیت بر روی آبزیان و محیط زیست آنها می‌باشد.

بر این اساس نقش و قابلیت کاربرد سولفوسوکسینات اتوکسیله سنتزی به عنوان عامل ترکننده در فرمولاسیون

1. Third Generation

2. WSL: Warren Spring Laboratory Test Method

جدول ۳- فرمولاسیون و بررسی عملکرد بسته پراکنده ساز سدیم ایزو اکتیل سولفوسوکسینات ۹ مول اتوکسیله سنتزی به همراه سولفوسوکسینات تجارتي

| آزمایش | سدیم ایزو اکتیل سولفوسوکسینات اتوکسیله سنتزی میلی لیتر | سدیم دی اکتیل سولفوسوکسینات تجارتي میلی لیتر | منو استر سوربیتان میلی لیتر | مشتق اتوکسیله منو استر سوربیتان میلی لیتر | اسید چرب اتوکسیله میلی لیتر | حلال گلیکول اتر+ ایزوبار آب میلی لیتر | میزان کارآیی %E* |
|--------|--|--|-----------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|------------------|
| ۱ | ۱۲ | ۶ | ۱۰ | ۱۵ | ۱۲ | ۴۵ | ناکارآمد |
| ۲ | ۱۲ | ۶ | ۳۰ | ----- | ۷ | ۴۵ | ۲۷ |
| ۳ | ۱۲ | ۶ | ۲۰ | ۵ | ۱۲ | ۴۵ | ۲۸ |
| ۴ | ۱۲ | ۶ | ۲۵ | ----- | ۱۲ | ۴۵ | ۴۶ |
| ۵ | ۱۵ | ----- | ۵ | ۲۵ | ۱۰ | ۴۵ | ناکارآمد |
| ۶ | ۱۵ | ----- | ۲۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۴۵ | ۲۳ |
| ۷ | ۱۰ | ۵ | ۲۵ | ۵ | ۱۰ | ۴۵ | ۲۴ |
| ۸ | ۱۵ | ----- | ۲۵ | ۵ | ۱۰ | ۴۵ | ۲۷ |
| ۹ | ۸ | ۷ | ۲۵ | ۵ | ۱۰ | ۴۵ | ۳۲ |

*- مقادیر میزان کارآیی (E) در ستون آخر جدول شماره ۳ با استفاده از معادله ذکر شده در بخش تست کاربردی محاسبه گردیده است.

جدول ۴- مقایسه و بررسی میانگین عملکرد پراکنده ساز فرموله شده با میانگین عملکرد پراکنده ساز تجارتي Gamlen OD ۴۰۰۰

| عملکرد پراکنده ساز تجارتي Gamlen OD ۴۰۰۰ % | عملکرد پراکنده ساز فرموله شده % | نفت خام بهرگان ۲ |
|--|---------------------------------|------------------|
| ۴۶/۱۸ | ۴۶ | میانگین عملکرد |

جدول ۵- فرمولاسیون و بررسی عملکرد بسته پراکنده ساز سدیم ایزو اکتیل سولفوسوکسینات ۱۴ مول اتوکسیله سنتزی به همراه سولفوسوکسینات تجارتي

| آزمایش | سدیم ایزو اکتیل سولفوسوکسینات اتوکسیله سنتزی میلی لیتر | سدیم دی اکتیل سولفوسوکسینات تجارتي میلی لیتر | منو استر سوربیتان میلی لیتر | مشتق اتوکسیله منو استر سوربیتان میلی لیتر | اسید چرب اتوکسیله میلی لیتر | حلال گلیکول اتر+ ایزوبار آب میلی لیتر | میزان کارآیی %E |
|--------|--|--|-----------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| ۱ | ۱۲ | ۶ | ۱۰ | ۱۵ | ۱۲ | ۴۵ | ناکارآمد |
| ۲ | ۱۲ | ۶ | ۲۰ | ۵ | ۱۲ | ۴۵ | ناکارآمد |
| ۳ | ۱۸ | ----- | ۱۰ | ۱۵ | ۱۲ | ۴۵ | ۳۷ |
| ۴ | ۱۲ | ۶ | ۳۰ | ----- | ۷ | ۴۵ | ۳۹ |
| ۵ | ۱۵ | ----- | ۵ | ۲۵ | ۱۰ | ۴۵ | ناکارآمد |
| ۶ | ۱۲ | ۶ | ۱۰ | ۱۵ | ۱۲ | ۴۵ | ۲۰ |
| ۷ | ۸ | ۷ | ۲۵ | ۵ | ۱۰ | ۴۵ | ۱۹ |
| ۸ | ۱۲ | ۶ | ۲۵ | ----- | ۱۲ | ۴۵ | ۴۲ |

قلمداد می‌شوند.

در جدول ۵ سدیم ایزواکتیل سولفوسوکسینات اتوکسیله به صورت تئوری شامل ۱۴ مول اکسید اتیلن و دارای گرایش آب‌دوستی بالایی می‌باشد تعادل آب‌دوستی و آب‌گریزی این ساختار در حدود ۱۴ می‌باشد که با وجود گروه قطبی و آب‌دوست SO_3Na در ساختار ملکول و بلند بودن زنجیره اتوکسیلاسیون و انحراف گرفتن از تعادل آب‌دوستی و آب‌گریزی از عدد ۱۰ خاصیت ملکول به سمت دترجنت سوق پیدا کرده و دارای کار آیی لازم نمی‌باشد. و ناکار آمدی عملکرد در پراکنده‌سازی را نشان داده است.

نتیجه‌گیری

هدف از اجرای این تحقیق سنتز سدیم ایزواکتیل سولفوسوکسینات اتوکسیله با عملکرد ترکندگی و انحلال‌پذیری بهتر در آب سخت (آب دریا) در مقایسه با سدیم دی اکتیل سولفوسوکسینات بوده است.

از واکنش مالیک اسید و ایزواکتیل الکل (۲- اتیل هگزانول) در دمای 120°C ایزواکتیل مالئات حاصل گردید. در ادامه با واکنش‌پذیری با پلی اتیلن گلیکول با جرم ملکولی متوسط ۶۰۰ در مجاورت کاتالیزور پارا تولوین سولفونیک اسید محصول ایزواکتیل مالئات ۱۴ مول اتوکسیله و با واکنش تحت فشار اکسید اتیلن ایزواکتیل مالئات ۸-۹ مول اتوکسیله حاصل گردید.

در مرحله بعد از واکنش ایزواکتیل مالئات اتوکسیله با محلول دی سولفیت سدیم در دمای $85-80^\circ\text{C}$ در مجاورت کاتالیست دی ترشری بوتیل پراکسید، سدیم ایزواکتیل سولفوسوکسینات ۱۴/۹ مول اتوکسیله حاصل شد. لازم به ذکر است که کلیه مراحل شناسایی محصولات حد واسط و نهایی از طریق طیف سنجی (زیر قرمز، رزونانس مغناطیسی هسته پروتون) انجام و مورد تأیید قرار گرفت.

سدیم دی اکتیل سولفوسوکسینات ساختاری است

نتایج حاصل از جدول شماره ۳ گویای آن است که سدیم ایزواکتیل سولفوسوکسینات اتوکسیله به صورت تئوری شامل ۹ مول اکسید اتیلن و دارای گرایش آب‌دوستی بالایی می‌باشد و کاملاً در آب محلول می‌باشد بر این اساس در فرمولاسیون آزمایش ۱ میزان ساختارهای آب‌دوست با ۱۵٪ مشتق اتوکسیله منو استر سوربیتان و ۱۲٪ اسید چرب اتوکسیله ناکار آمد می‌باشد. در فرمولاسیون‌های (۲، ۳، ۴) با افزایش میزان حضور منو استر سوربیتان (ملکول آب‌گریز یا چربی دوست)، کارآیی فرمولاسیون پراکنده‌ساز به طور چشمگیری ارتقاء یافته است به طوری که در فرمولاسیون ۴ این میزان حداقل به ۴۶٪ افزایش یافت. (لازم به ذکر است که فرمولاسیون‌های با کارآیی بیش از ۴۵٪، قابلیت استفاده در صنعت را دارند) [۲۴]. در فرمولاسیون (۵) تعادل آب‌دوستی و آب‌گریزی بالا بوده و کارآیی لازم را ندارد و این در حالی است که با افزایش جزء چربی دوست در فرمولاسیون‌های (۶، ۷، ۸، ۹) کارآیی افزایش یافته است. ارزیابی عملکرد نمونه‌های فرموله شده بر اساس مقایسه با یک بسته پراکنده‌ساز تجاری کشور فرانسه Gamlen OD ۴۰۰۰ می‌باشد که مورد تأیید سازمان منطقه‌ای حفاظت از محیط زیست دریایی^۱ بوده است و کشورهای منطقه مجاز به استفاده از آن می‌باشند و در حال حاضر این فرآورده یکی از اقلام خریدهای اصلی ایران است.

ارزیابی نمونه‌های داخلی بر مبنای مقایسه و استفاده همزمان از نمونه شاهد یعنی Gamlen OD ۴۰۰۰ بوده است که این ارزیابی در نمونه‌های فرموله شده بانیمه استر سولفوسوکسینات اتوکسیله (به عنوان عامل ترکنده) در نفت خام بهرگان ۲ با روش استاندارد W.S.L انجام گرفته است. میانگین تکرار ۱۶ بار استفاده از عملکرد پراکنده‌ساز Gamlen OD ۴۰۰۰ بر روی نفت خام بهرگان ۲، عدد کارآیی ۴۶/۱٪ را نشان داده است و میانگین عملکرد نمونه با استفاده از فرمولاسیون پیشنهادی ۴۶٪ بوده است (جدول ۴). یاد آور می‌شود که شرایط انجام تست و مقایسه کاملاً یکسان و از مواد مؤثر به مقادیر دقیقاً یکسان و مساوی استفاده شده که در غیر این صورت نتایج قابل مقایسه نبوده و هرگونه نتیجه‌گیری معتبر نمی‌باشد و مطابق مرجع [۲۴] پراکنده‌سازهای با میزان کارآیی ۴۵٪ و بیشتر به عنوان زایل‌کننده لکه‌های نفتی

گردید. در شرایط بهینه میزان کارایی پراکنده‌ساز ۴۶٪ تعیین گردید. (فرمولاسیون های با کارایی پراکنده ساز بالای ۴۵٪ قابل استفاده در صنعت می‌باشند) که فرمولاسیون ذکر شده قابلیت اجرا در پخش لکه‌های نفتی و زایل نمودن آنها را داراست.

با توجه به عملکرد ترکیب سنتزی در فرمولاسیون پراکنده‌ساز (۴۶٪) در مقایسه با عملکرد فرمولاسیون پراکنده‌ساز فرانسوی Gamlen OD ۴۰۰۰ (۴۶/۱۸٪) فرمولاسیون ارائه شده بومی و مواد اولیه آن در دسترس می‌باشند لذا تولید و کاربرد آن از دیدگاه اقتصادی مقرون به صرفه بوده و از طرف دیگر با خود کفایی داخلی قابلیت و توانایی در جایگزینی با نمونه خارجی را به عنوان زایل کننده لکه‌های نفتی دار می‌باشد.

که به طور سنتی در فرمولاسیون پراکنده‌سازهای جدید به کار گرفته می‌شود و تلاش گردید عملکرد سدیم ایزواکتیل سولفوسوکسینات اتوکسیله در کنار سدیم دی اکتیل سولفوسوکسینات به ارزیابی گذاشته شود. نکته کلیدی آن است که به واسطه حضور بخش پلی اکسی اتیلنی در ساختار سولفوسوکسینات، توازن فرمولاسیون نسبت به حالت استفاده از سدیم دی اکتیل سولفوسوکسینات تغییر کرده و این توازن بایستی مجدداً تعریف شود. به منظور تغییر در خواص و افزایش در حلالیت جزء سولفوسوکسینات در آب سخت و افزایش در عملکرد و ترکنندگی، سدیم ایزواکتیل سولفوسوکسینات اتوکسیله با نسبت ۶۶٪ در کنار سدیم دی ایزو اکتیل سولفوسوکسینات با نسبت ۳۳٪ استفاده شد و کارایی عمل پراکنده سازی بر روی نفت بهرگان ۲ با استفاده از روش W.S.L تعیین

مراجع

- [1]. National Research Council, "using Oil dispersants on the sea", Committee on Effectiveness of Oil Spill Dispersants, National Academy Press, Washington D.C, 1989.
- [2]. Frost R., Carmody O., Kokot S., and Xi Y., "Selected adsorbent materials for oil-spill cleanup – a Thermoanalytical study", Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, vol. 91, no3, pp. 809-816, 2008.
- [3]. Aboul-Gheit A. K., Khalil F. H. and Abdel-Moghny T., "Adsorption of Spilled Oil from Seawater by Waste Plastic Rémédiation de pollution par l'huile par des déchets plastiques "Oil & Gas Science and Technology - Rev. IFP", Vol 61, NO. 2, 2006.
- [4]. Darlington B. N., and Uchenna A., "Adsorption of Crude Oil Using Meshed Groundnut Husk", Chemical product and process Modeling, Vol. 5, 2010.
- [5]. Sayed S. A., and Zayed A. m., "Investigation of the effectiveness of some adsorbant material in oil spill clean-ups", Desalination, Vol. 194, pp. 90-100, 2006.
- [6]. Banerjee S. S., Joshi M. V. and Jayaram R. V., "Treatment of oil spill by sorption technique using fatty acid grafted sawdust", Chemosphere, Vol. 64, pp. 1026-103, 2006.
- [7]. Kumagai S., Noguchi Y., Kurimoto Y. and Takeda K., "Oil adsorbent produced by the carbonization of rice husks", Waste Management, Vol. 27, pp. 554-56, 2007.
- [8]. Gloria F. and Ciriello P. P., "The containment of oil spills in porous media using xanthan/aluminum solution, gelled by gaseous CO₂ or by AlCl₃ solutions", Journal of Hazardous Materials B, Vol. 138, pp.500-506, 2006.
- [9]. Bastani D., Safekordi A. A., Alihoussini A. and Taghikhani V., "Study of oil sorption by expanded perlite at 298.15K", separation and purification technology, Vol. 52, pp. 295-300, 2006.
- [10]. Carmody O., frost R., Xi Y. and Kokot S., "adsorption of hydrocarbon on organo-clay-implications for oil spill

- remediation*", journal of colloid and interface science , Vol . 305, pp. 17-24, 2007.
- [11]. Chapman H., Purnel K., Law R. J. and Kirby M. F., "*The use of chemical dispersants to combat oil spill at sea :a review of practice and research needs in Europe*", Marine Pollution Bulletin, Vol. 54, Issue 7, pp. 827-838, 2007
- [12] Kumagai S., Noguchi Y., Kurimoto Y. & Takeda K., "Oil adsorbent produced by the carbonization of rice husks", Waste Management, Vol. 27, pp. 554-56, 2007.
- [13]. Giolia F. and Ciriello P. P., "*The Containment of oil spill in porous media using xanthan/aluminum solution, gelled by gaseous CO₂ or by AlCl₃ solution*", Journal of Hazardous Materials B, Vol. 138, pp. 500-506, 2008.
- [14]. Fobers T. S., *Process for absorbing oil*, GB Patent: 1,235,463, 1971.
- [15]. Hua, J., "*Biodegradation of Dispersed marine fuel oil in sediment under engineered pre-spill application strategy*", Ocean engineering Vol. 33, Issue 2, PP. 152-167, 2006.
- [16]. Rosen M. J., *Surfactants and Interfacial Phenomena*, John Willey & Sons, pp. 304, 1978.
- [17]. Aerosol Surface Active Agent, American Cyanamid CoPub.PRC-102.
- [18]. Al-Sabagh .A. M, Azzam E. M. S, and Noor El Din. M. R "*The Surface and Thermodynamic Properties of ethoxylated Sodium monoalkyl Sulfosuccinate Surfactants*", J. Dispersion Science and Technology ,Vol.30 pp.260-266, 2009.
- [19]. Al-Sabagh. A. M, Azzam. E. M. S, and. Noor El Din. M. R "*Synthesis and evaluation of Ethoxylated Alkyl Sulfosuccinates as Oil spill Dispersents*", J. Dispersion Science and Technology ,Vol 29, No. 6, pp. 866-872, 2008
- [20]. Al-Sabagh. A. M, Azzam. E. M. S, Mahmoud. S. A. and N. E. A. Saleh, "*Synhesis of Ethoxylation Alkyl Sulfosuccinats and the Investigation of Mixed Solution*", J. Surfactants and detergents, Vol.10, No.1, pp. 3-8, 2007.
- [21]. Gordinskii B. Y. U., Shimanski V. M., and vishyakova R. S., *Preparation and Separation of pure monoalkyl maleates* ,Zh.Prik Khim, 40(8), 1881-3, 1967 (RUSS).
- [22]. Martinelli F. N. "*The Status Of the warren Spring laboratory*", Rulling Flask Testin oil spill chemical Dispersents, experience, and Recomandation,STP840,Tom E.Allen,Ed.,American Society for Testing And Materiala Philadelphia, pp. 55-68, 1984.
- [23]. Lee M. A., *The Droplet size Distribution of oils emulsified in sea water by Concentrate dispersents*, Report L.R 364(OP), Warren Spring Laboratory , Stevenage , England, 1980.
- [24]. Jacob S. M; BergmanJ., Robert E., *Water Based Oil Dispersent*, US 2002005386, 20021.