



بررسی تجربی عملکرد ترکیبات بازدارنده از تشکیل و رسوب واکس در چند مخلوط نفتی

علیرضا سلیمانی نظر^{۱*}، ولی شفیعپور^۲، مسعود کنعانی^۳

۱- دانشگاه اصفهان، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی شیمی

۲- دانشگاه صنعت نفت

۳- دانشگاه سهند تبریز

چکیده

کریستالیزاسیون و رسوب ترکیبات واکسی منجر به بروز مشکلات زیادی در مراحل تولید، انتقال، ذخیره سازی و انجام فرآیندهای مختلف مربوط به نفت خام و یا مشتقات آن می شود. در این پژوهش اثر چند نمونه از بازدارنده های تجاری و غیر تجاری بر کنترل رسوب ترکیبات واکسی در مخلوط های نفتی واکس دار شده از چاه های منصوری و بنگستان، با اندازه گیری دمای ریزش و دمای ابری شدن ارزیابی می شود. مکانیسم بازدارندگی این ترکیبات و میزان تاثیر گذاری آنها بر این نمونه های نفتی مشخص شده است.

واژه های کلیدی: رسوب واکس، نقطه ی ریزش، نقطه ی ابری شدن، بازدارنده ی شیمیایی

۱- مقدمه

رسوب ترکیبات واکسی باعث به وجود آمدن مشکلات زیادی در مراحل تولید، انتقال، ذخیره سازی و انجام فرایندهای مختلف مربوط به نفت خام و یا مشتقات آن می شود. هزینه ی پاکسازی این رسوبات در سرتاسر جهان هر ساله بالغ بر چندین میلیارد دلار می باشد. مسأله ی رسوب نه تنها ممکن است در نفت خام سنگین بوجود آید بلکه ممکن است در نفت خام سبک نیز پدیدار گردد. روشهای مختلفی برای مقابله با این مشکل ارائه شده است. از بین این روش ها استفاده از ترکیبات شیمیایی به خاطر سهولت و هزینه های نسبتاً پایین گسترش بیشتری داشته است. بنابراین شناخت ترکیبات شیمیایی مؤثر بر کاهش رسوبات و بررسی عوامل تاثیرگذار بر عملکرد این ترکیبات، از اهمیت خاصی برخوردار است. نوع مواد بازدارنده و میزان مصرف آنها و همچنین میزان محتوای واکس موجود در مخلوط های نفتی یا روغنی، از پارامترهای اصلی بر تشکیل رسوب واکس می باشند. مواد بازدارنده با توجه به مکانیسم عملکردشان بر رسوبات واکسی، اثرگذاری متفاوتی در تشکیل این نوع رسوبات در نمونه های مختلف نفتی دارند. بازدارنده های شیمیایی که اغلب ترکیبات پلیمری هستند و از یک بخش قطبی و یک بخش غیر قطبی (زنجر هیدروکربنی) تشکیل شده اند، با دخالت در فرایند کریستالیزاسیون واکس و تأثیرگذاری در هر یک از مراحل مختلف آن، با کاستن از رشد و یا ممانعت از تشکیل و یا با تغییر در سازوکار رشد کریستال ها، سبب کنترل رسوبات واکسی می شوند [۱]. غالباً استفاده از مواد بازدارنده مناسب ترین راه برای جلوگیری از کریستالیزاسیون واکس می باشد [۲]. انتخاب ترکیب بازدارنده ی مناسب با نوع نفت، بدست آوردن غلظت بهینه، در کاهش دمای تشکیل رسوب واکس نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. با استفاده از اندازه گیری

* اصفهان خیابان هزار جریب دانشگاه اصفهان دانشکده فنی و مهندسی گروه مهندسی شیمی، تلفن ۰۳۱۱-۷۹۳۴۰۲۷.

Email: asolaimany@eng.ui.ac.ir

نقطه‌ی ابری شدن و همچنین نقطه‌ی ریزش، می‌توان به تأثیرگذاری ترکیبات بازدارنده بر تشکیل کریستال‌های واکس و ایجاد رسوب در مخلوط‌ها پی‌برد. نقطه‌ی ابری شدن عبارت است از دمایی که در آن دما، ذرات جامد واکس آشکار می‌شوند و نقطه‌ی ریزش بالاترین دمایی است که در سیال حرکتی وجود داشته باشد. پیش‌بینی دقیق دمای ابری شدن به صورت یک نقطه، تقریباً غیرممکن می‌باشد. حتی یک مدل ترمودینامیکی نیز نمی‌تواند این دما را بطور دقیق پیش‌بینی کند [۳]. بنابراین نقطه‌ی ریزش و نقطه‌ی ابری شدن در سیالات نفتی باید بوسیله‌ی انجام آزمایش نیز تعیین گردند. بررسی و مقایسه‌ی انواع بازدارنده‌ها و تأثیر آن بر نمونه‌های مختلف نفت خام به تشخیص نحوه‌ی عملکرد آنها و رفتار متقابل نمونه‌ی نفتی در حالات مختلف کمک می‌نماید. برخی از محققین پدیده‌ی بازدارندگی هسته‌زایی و کاهش دمای ریزش در حضور کوپلیمرهای اتیلن وینیل استات را بررسی کرده‌اند [۱]. اثر افزایش کوپلیمر متا اکریلات و آلکیل بنزن سولفونات‌های تجاری بر نمونه‌های روغنی نیز در برخی تحقیقات مثبت ارزیابی شده است [۴]. انجام تست نقطه‌ی ابری شدن و نقطه‌ی ریزش بر روی نمونه‌های مختلف نفت خام با میزان واکس متفاوت و بازدارنده‌های مختلف تنها راه انتخاب مناسب‌ترین بازدارنده می‌باشد. انتخاب نوع روش به سادگی امکان‌پذیر نبوده و ضروری است تا تست‌ها بر اساس روش‌های استاندارد انجام پذیرد تا نتایج، قابلیت مقایسه با کارهای قبلی محققین را داشته باشد. در این پژوهش با انجام آزمایشات اندازه‌گیری نقطه ریزش و نقطه ابری شدن به بررسی اثر بازدارنده های مختلف بر نمونه های مخلوط نفتی پرداخته شده است.

۲- بررسی تجربی

۲-۱- نمونه‌های نفتی و ترکیبات بازدارنده مورد استفاده

نمونه‌های نفتی شامل نفت خام از یکی از چاه‌های میدان نفتی بنگستان و منصوری و نمونه‌های روغنی شامل روغن سبک نفت سپاهان (بعد از مرحله ی واکس زدایی) و روغن سنگین خوراک نفت سپاهان (قبل از مرحله‌ی واکس زدایی) می‌باشند. از آنجا که دمای نقطه‌ی ریزش نمونه‌های نفتی کمتر از ۶- درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد، و دسترسی به حمام ۳۳- درجه سانتی‌گراد به راحتی امکان‌پذیر نمی‌باشد، و به منظور افزایش دمای نقطه‌ی ریزش نمونه‌های نفتی، از مخلوط نفت خام و درصد مشخصی از روغن سنگین استفاده شده است. برای اندازه‌گیری نقطه‌ی ریزش، مخلوط‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد وزنی از روغن سنگین و نفت خام میدان بنگستان و همچنین مخلوط‌های ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد وزنی از روغن سنگین و نفت خام میدان منصوری ساخته شده است.

بازدارنده‌های استفاده شده شامل بازدارنده‌های تجاری و بازدارنده‌های با ترکیب شیمیایی مشخص می‌باشند که این بازدارنده‌ها و مقادیر مصرف آنها در جدول ۱ آورده شده است.

۲-۲- روش انجام آزمایشات

برای گزارش نقطه‌ی ریزش به عنوان یک دمای مشخص، تنها روش اندازه‌گیری در مراجع مختلف، از تست استاندارد ASTM-D97 استفاده شده است. برای اندازه‌گیری نقطه‌ی ابری شدن روش‌های متعددی وجود دارد که از جمله‌ی این روش‌ها می‌توان به روش استاندارد ASTM-D2500 اشاره نمود که بر پایه‌ی چشمی استوار است و تنها برای نمونه‌های شفاف مانند روغن‌ها قابل اجرا می‌باشد [۵]. این تست‌ها به سادگی بر نمونه‌های نفت خام و روغن انجام پذیر است. سادگی و کم هزینه بودن، انجام و تکرار مکرر آنها را به راحتی امکان‌پذیر می‌سازد. در این تحقیق از هر دو تست اشاره شده جهت ارزیابی عملکرد ترکیبات بازدارنده بر نمونه‌های نفتی استفاده شده است.

جدول ۱- بازدارنده‌های مورد استفاده در این تحقیق.

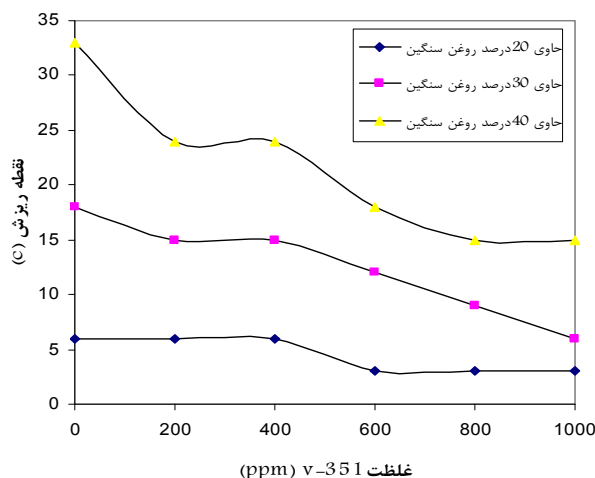
شرکت سازنده	نوع	محدوده ی مصرف (ppm)	بازدارنده
Infinium	تجاری	۲۰۰-۱۰۰۰	v-351
Infinium	تجاری	۲۰۰-۱۰۰۰	p-6213
احسان شیمی	-	۲۰۰-۱۰۰۰	DBSA
احسان شیمی	-	۲۰۰-۱۰۰۰	سدیم سولفونات
احسان شیمی	-	۲۰۰-۱۰۰۰	سدیم پترولیوم سولفونات
Aldrich	-	۱۰۰-۲۵۰	دودسیل رزورسینول
JD Horizons	تجاری	۲۰۰-۱۰۰۰	۱۱۰
JD Horizons	تجاری	۲۰۰-۱۰۰۰	۱۱۱
JD Horizons	تجاری	۲۰۰-۱۰۰۰	۱۱۲

۳- نتایج تجربی

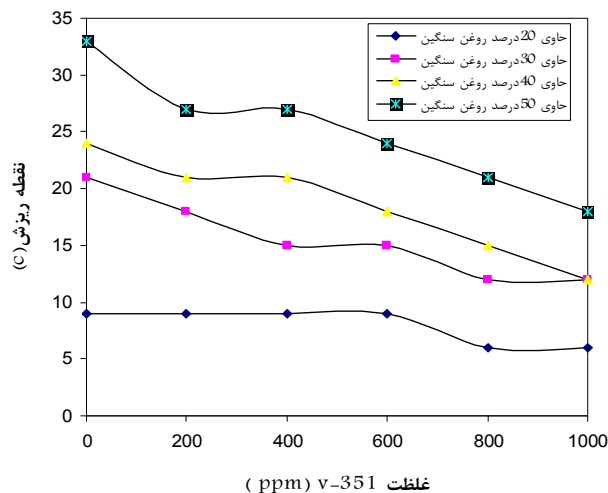
۳-۱- تأثیر بازدارندگی v-351 بر تشکیل رسوب واکس

ترکیب تجاری v-351 در هر دو نمونه مخلوط نفتی (با هر میزان واکس)، اثر قابل توجهی بر کاهش نقطه‌ی ریزش داشته ولی تأثیر چشمگیری بر روی دمای ابری شدن نداشته است. بنابراین این ترکیب از تشکیل کریستال‌های واکس ممانعتی بعمل نیاورده بلکه بهم چسبیدن آنها و ایجاد رسوب را به تأخیر می‌اندازد. در واقع یک سر مولکول جذب پارافین شده و به آن متصل می‌شود و انتهای دیگر آن در سیال نفتی قرار می‌گیرد. در نتیجه پارافین‌ها در کل سیال پخش شده و به صورت ذرات معلق جریان پیدا می‌کنند. با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان v-351 را جزء دسته‌ی پخش‌کننده‌ها قرار داد. اثر ترکیب بازدارنده‌ی v-351 در غلظت‌های مختلف، بر کاهش نقطه‌ی ریزش مخلوط‌های نفتی، با درصد‌های مختلف وزنی بصورت کامل، در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده‌است. افزایش میزان واکس موجود در مخلوط‌های نفتی، باعث اثرگذاری بیشتر v-351 بر کاهش دمای نقطه‌ی ریزش می‌باشد. افزودن بازدارنده‌های تشکیل رسوب واکس مانند v-351 اثر زیاد و قابل توجهی در کاهش دمای نقطه‌ی ریزش دارد. در صورتی که در نمونه‌های نفتی با محتوای واکس کمتر، حضور بازدارنده‌های طبیعی سبب می‌شود که ترکیب v-351 اثر چشمگیری در کاهش دمای نقطه‌ی ریزش نداشته باشد و این کاهش اثر، با کاهش در محتوای واکس بیشتر می‌شود.

در مخلوط نفتی میدان بنگستان شامل ۴۰ درصد وزنی روغن سنگین، افزایش غلظت v-351 از صفر تا



شکل ۱- اثر ترکیب تجاری v-351 بر مخلوط نفتی میدان بنگستان با درصد‌های وزنی مختلف از روغن سنگین.

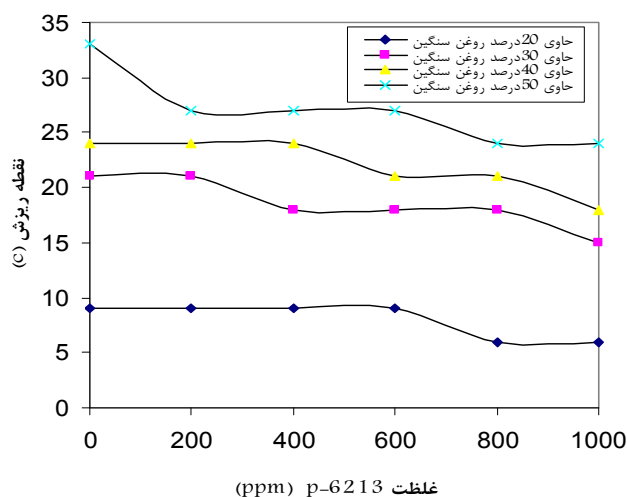


شکل ۲- اثر ترکیب تجاری v-351 بر مخلوط نفتی میدان منصوری با درصدهای وزنی مختلف از روغن سنگین.

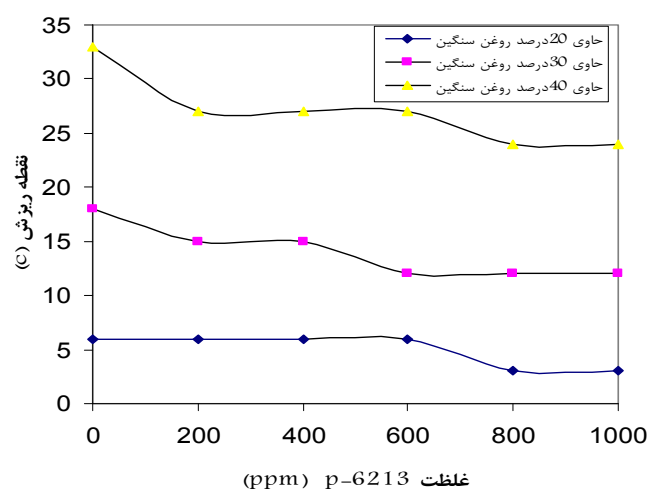
۱۰۰۰ ppm، کاهش دمای نقطه‌ی ریزش را از ۳۳ درجه سانتی‌گراد تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد، به همراه داشته است. در صورتی که در همان مخلوط نفتی شامل ۳۰ درصد وزنی روغن سنگین، افزایش غلظت v-351 از صفر تا ۱۰۰۰ ppm، باعث کاهش دمای نقطه‌ی ریزش از ۱۸ درجه سانتی‌گراد به ۶ درجه سانتی‌گراد شده است و در مورد نمونه‌ی نفتی شامل ۲۰ درصد وزنی روغن سنگین نقطه ریزش از ۶ درجه سانتی‌گراد به ۳ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است.

۳-۲ - تأثیر بازدارندگی p-6213 بر تشکیل رسوب واکس

ترکیب بازدارنده‌ی p-6213 نیز همانند v-351 اثر قابل ملاحظه‌ای بر روی کاهش دمای ریزش مخلوط‌های نفتی با محتوای واکس مختلف داشته است ولی با انجام تست مربوط به دمای ابری شدن مخلوط‌های روغنی درمی‌یابیم که این ترکیب هیچ گونه اثری بر روی دمای ابری شدن نداشته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تشکیل کریستال‌های واکس که در دمای ابری شدن اتفاق می‌افتند، تحت تأثیر هیچ غلظتی از p-6213 قرار نگرفته‌اند. بنابراین این ترکیب مانع از تشکیل کریستال‌های واکس نگردیده، بلکه فقط بهم چسبیدن و ایجاد رسوب را به تأخیر انداخته است. در واقع ذرات واکس تشکیل شده را بصورت معلق در مخلوط نفتی نگه داشته است. بنابراین این ترکیب نیز در دسته‌ی پخش‌کننده‌ها قرار می‌گیرد. افزودن p-6213 به مخلوط‌های نفتی با محتوای واکس کمتر، کاهش کمتری از نقطه‌ی ریزش را به همراه دارد. این نتیجه از شکل‌های ۳ و ۴ قابل حصول است. افزودن ۲۰۰ ppm از این ترکیب به مخلوط نفت خام میدان بنگستان با محتوای ۴۰ درصد وزنی روغن سنگین، باعث کاهش ۶ درجه سانتی‌گراد نقطه‌ی ریزش و افزودن ۱۰۰۰ ppm از آن به همان مخلوط نفتی باعث کاهش ۹ درجه سانتی‌گراد نقطه‌ی ریزش شده است.



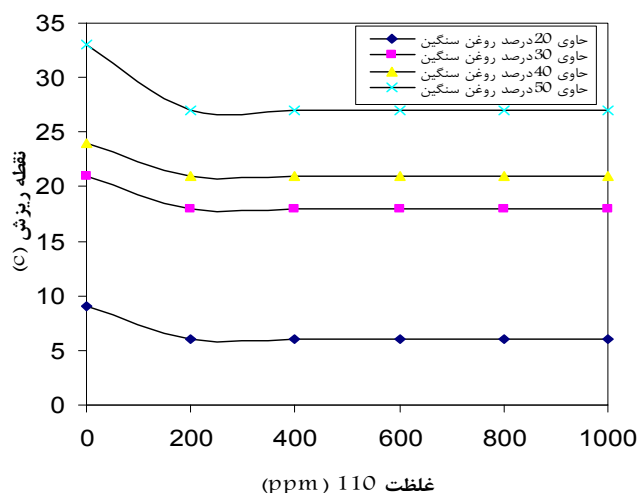
شکل ۳- اثر ترکیب تجاری p-6213 بر مخلوط نفتی میدان منصوری با درصدهای وزنی مختلف از روغن سنگین.



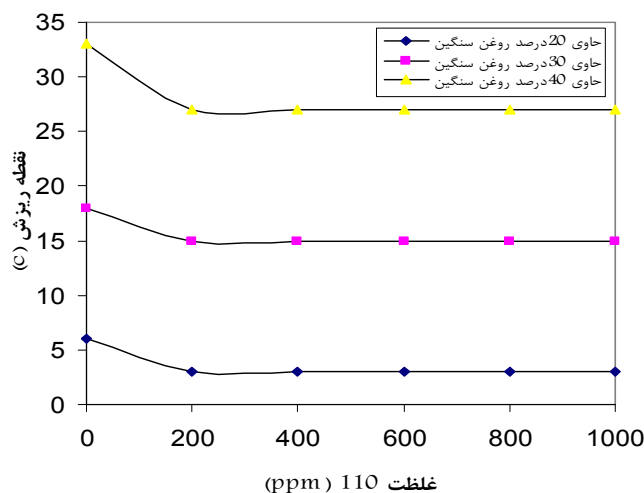
شکل ۴- اثر ترکیب تجاری p-6213 بر مخلوط نفتی میدان بنگستان با درصدهای وزنی مختلف از روغن سنگین.

۳-۳- تأثیر بازدارنده‌های ۱۱۰، ۱۱۱ و ۱۱۲ بر تشکیل رسوب واکس

بازدارنده‌های ۱۱۰، ۱۱۱ و ۱۱۲ که ترکیبات پلیمری هستند، جزء بازدارنده‌های تجاری رسوبات آسفالتنی به حساب می‌آیند. این ترکیبات اثر اندکی بر کاهش نقطه‌ی ریزش مخلوط‌های مختلف نفتی دارند و حضور بیش از 200 ppm از این ترکیبات هیچ گونه تأثیری بر کاهش نقطه‌ی ریزش ندارند. افزودن این ترکیبات به نمونه‌های روغنی و تأثیر نداشتن آنها بر نقطه‌ی ابری شدن (علیرغم تأثیر اندک آنها بر نقطه‌ی ریزش) بیانگر این مطلب است که مکانیسم عمل آنها، اصلاح ساختار واکس و ممانعت از تشکیل کریستال‌های واکس نبوده و تنها این مواد از طریق مکانیسم پخش‌کنندگی، مانع از تشکیل توده‌های واکس می‌شوند. این نتایج در مورد بازدارنده‌ی ۱۱۰ در شکل‌های ۵ و ۶ آورده شده است.



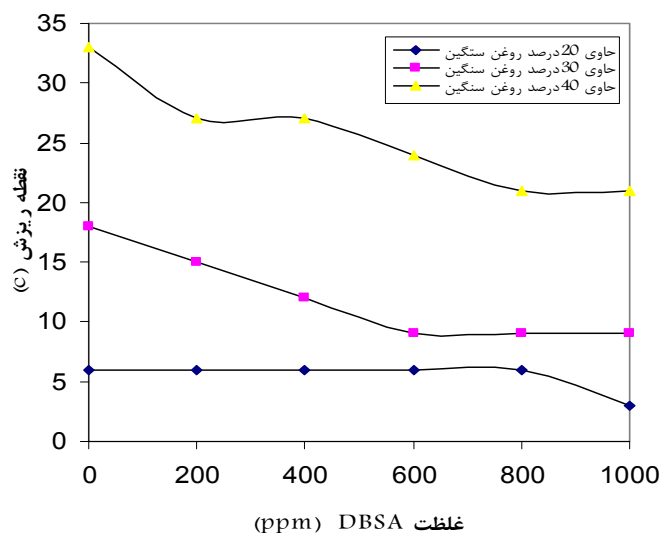
شکل ۵- اثر ترکیب تجاری ۱۱۰ بر مخلوط نفتی میدان منصوری با درصدهای وزنی مختلف از روغن سنگین.



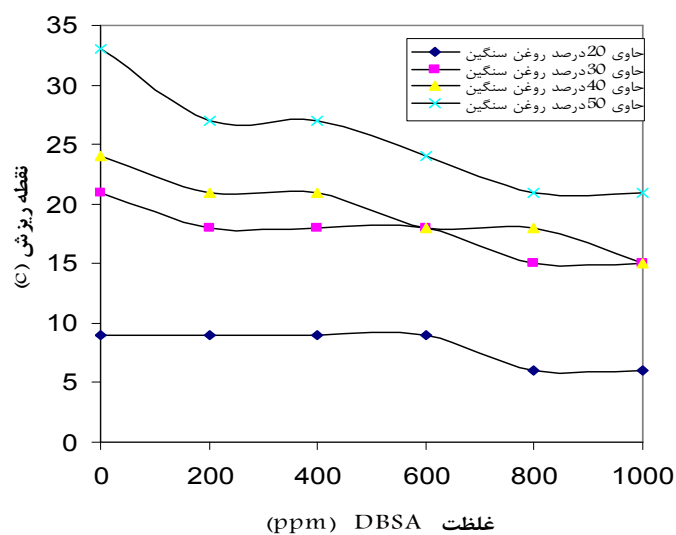
شکل ۶- اثر ترکیب تجاری ۱۱۰ بر مخلوط نفتی میدان بنگستان با درصدهای وزنی مختلف از روغن سنگین.

۴-۳- تأثیر بازدارنده‌های دودسیل بنزن سولفونیک اسید، سدیم سولفونات و سدیم پترولیوم سولفونات

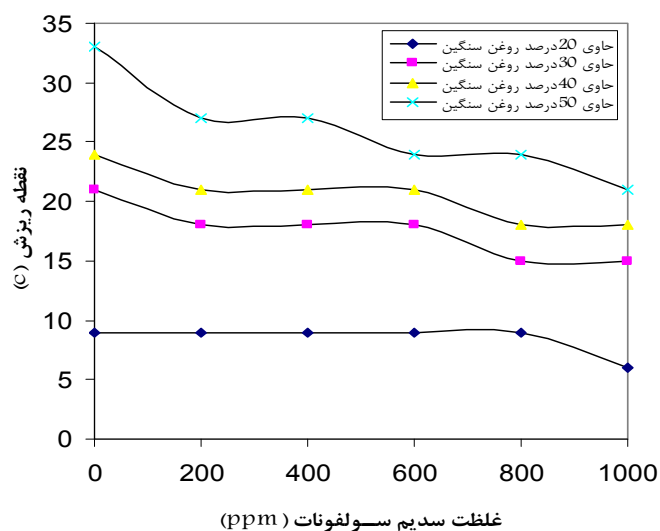
هرچند بازدارنده‌های فوق هیچ‌گونه تأثیری بر کاهش نقطه‌ی ابری‌شدن مخلوط روغنی حاوی درصدهای مختلفی از روغن سنگین نداشته‌اند، ولی نقاط ریزش مخلوط‌های مختلف نفتی را تا حدی کاهش داده‌اند. اثرگذاری این ترکیبات در غلظت‌های متفاوت بر مخلوط‌های نفتی با محتوای واکس مختلف، با بیان اندازه‌گیری نقاط ریزش مخلوط‌ها بر حسب غلظت در شکل‌های ۷ تا ۱۲ ارائه شده است. همانطور که مشاهده شد، ترکیبات بازدارنده‌ی DBSA، سدیم سولفونات و سدیم پترولیوم سولفونات، ترکیباتی مؤثر در کاهش نقطه‌ی ریزش می‌باشند ولی در مقایسه با بازدارنده‌ی v-351، از اهمیت پایین‌تری برخوردارند. این درحالی است که این ترکیبات اثر بسیار مطلوبی بر روی کاهش رسوبات آسفالتنی در مخلوط‌های نفتی مختلف داشته‌اند. بعبارت دیگر اثرگذاری این ترکیبات بر کاهش رسوبات آسفالتن بسیار چشمگیرتر از اثرگذاری آنها بر روی دمای تشکیل رسوبات واکسی می‌باشد. همانطور که ملاحظه می‌شود، افزودن 1000 ppm از DBSA به مخلوط نفتی میدان بنگستان با محتوای ۴۰ درصد وزنی روغن سنگین، نقطه‌ی ریزش را از ۳۳ درجه سانتی‌گراد به ۲۱ درجه سانتی‌گراد کاهش و افزودن 1000 ppm از آن به همان مخلوط نفتی با محتوای ۳۰ درصد وزنی روغن سنگین، نقطه‌ی ریزش را از ۱۸ درجه سانتی‌گراد به ۹ درجه سانتی‌گراد کاهش داده است.



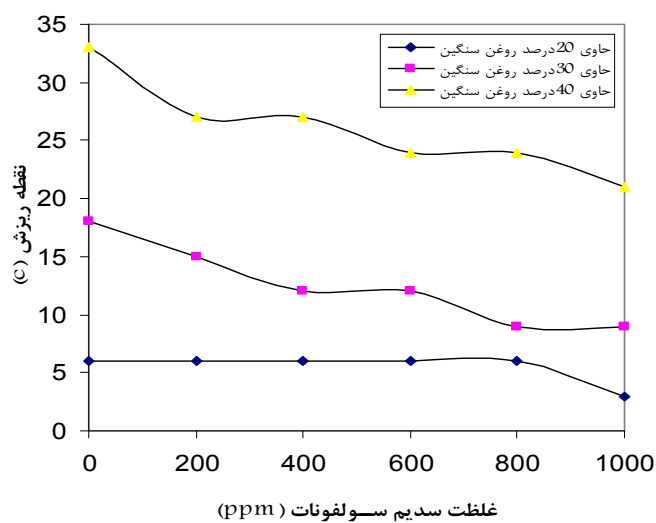
شکل ۷- اثر DBSA بر مخلوط نفتی میدان بنگستان با درصدهای وزنی مختلف از روغن.



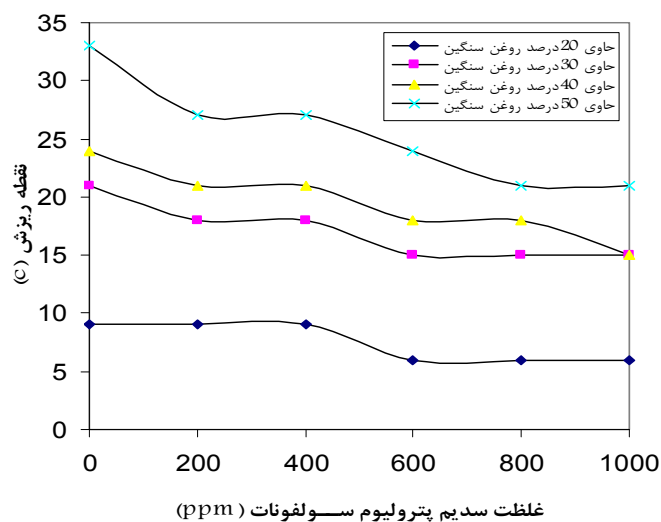
شکل ۸- اثر DBSA بر مخلوط نفتی میدان منصوری با درصدهای وزنی مختلف از روغن.



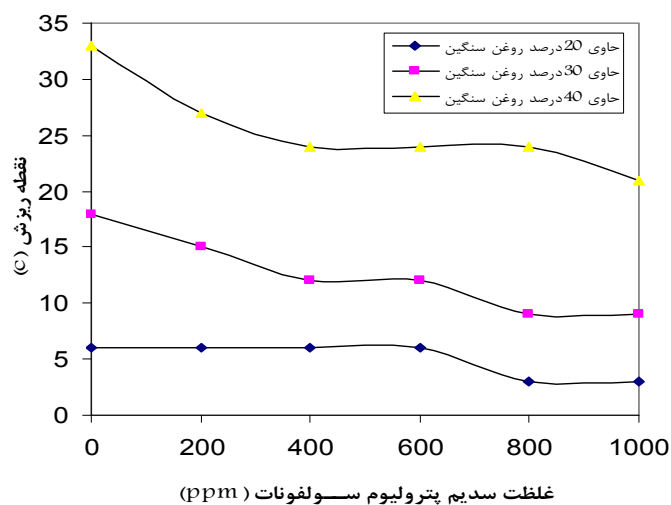
شکل ۹- اثر سدیم سولفونات بر مخلوط نفتی میدان منصوری با درصدهای وزنی مختلف از روغن.



شکل ۱۰- اثر سدیم سولفونات بر مخلوط نفتی میدان بنگستان با درصدهای وزنی مختلف از روغن.



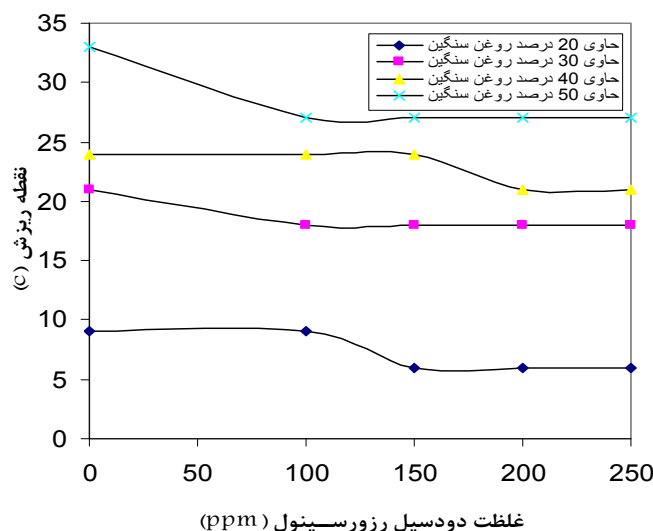
شکل ۱۱- اثر سدیم پترولیوم سولفونات بر مخلوط نفتی میدان منصوری با درصدهای وزنی مختلف از روغن.



شکل ۱۲- اثر سدیم پترولیوم سولفونات بر مخلوط نفتی میدان بنگستان با درصدهای وزنی مختلف از روغن.

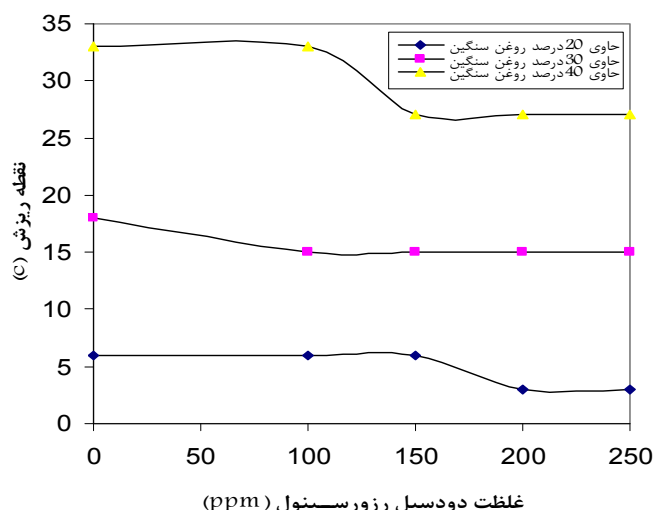
۵-۳- تأثیر بازدارنده‌ی دودسیل رزورسینول بر تشکیل رسوب واکس

افزودن دودسیل رزورسینول به مخلوط‌های روغنی و عدم تأثیرگذاری بر نقطه‌ی ابری شدن (با وجود تأثیرگذاری اندک بر روی کاهش نقطه‌ی ریزش) نشان دهنده‌ی این است که این ترکیب شیمیایی، در دسته‌بندی ترکیبات اصلاح کننده قرار نمی‌گیرد چرا که از تشکیل کریستالهای واکس جلوگیری نکرده و تنها مانع از تشکیل شبکه‌ی سه بعدی کریستال‌ها می‌شود. به عبارتی دیگر با مکانسیم پخش کنندگی، نقطه‌ی ریزش را کاهش می‌دهد. اثر بازدارنده‌ی دودسیل رزورسینول در غلظت‌های مختلف، بر کاهش نقطه‌ی ریزش مخلوط‌های نفتی، با درصدهای مختلف وزنی بصورت کامل، در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ نشان داده شده‌اند.



شکل ۱۳- اثر دودسیل رزورسینول بر مخلوط نفتی میدان منصوری با درصدهای وزنی مختلف از روغن.

از آنجا که دودسیل رزورسینول دارای ساختار مشابهی با پاک‌کننده‌ها می‌باشد، انتظار می‌رود اثر مشابهی با آنها در کاهش نقطه‌ی ریزش مخلوط‌های نفتی داشته باشد. این ترکیب دارای یک زنجیر هیدروکربنی دوازده کربنی و یک سر قطبی با دو گروه عاملی OH متصل به حلقه‌ی بنزنی می‌باشد. اثرگذاری این ترکیب حتی در غلظت‌های بسیار پایین بر کاهش رسوبات آسفالتنی بسیار قابل توجه می‌باشد. ولی استفاده از این ترکیب در مخلوط‌های نفتی واکس‌دار، اثر چندانی در کاهش رسوبات واکسی نداشته است. از این ترکیبات حداکثر تا غلظت 250 ppm استفاده شده است. همچنین قیمت بالای این ترکیب، استفاده از آن با غلظت‌های بالاتر را غیراقتصادی می‌سازد.



شکل ۱۴- اثر دودسیل رزورسینول بر مخلوط نفتی میدان بنگستان با درصدهای وزنی مختلف از روغن.

۴- نتیجه گیری

هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر بازدارنده‌های مختلف بر مخلوط نمونه‌های نفتی و بررسی شکل اثرگذاری و مکانیسم بازدارندگی آنها بوده که نتیجه گیری حاصل بقرار زیر است.

۱- تأثیر نداشتن کلیه بازدارنده‌های v-351، p-6213، دودسیل بنزن سولفونیک اسید، سدیم سولفونات، سدیم پترولیوم سولفونات، دودسیل رزورسینول، ۱۱۰، ۱۱۱ و ۱۱۲ با غلظت‌های مختلف بر مخلوط‌های نفتی میدان بنگستان و منصوری در کاهش نقطه‌ی ابری شدن، قرار گرفتن این بازدارنده‌ها را در دسته‌ی پخش‌کننده‌ها به اثبات می‌رساند. بعبارت دیگر این ترکیبات از تشکیل کریستال‌های واکس جلوگیری نکرده بلکه بهم پیوستن کریستال‌های واکس را به تأخیر می‌اندازد.

۲- افزایش ترکیبات بازدارنده‌ی p-6213 و v-351 نتیجه‌ی بسیار خوبی در مورد کاهش تشکیل رسوبات واکسی در مخلوط‌های نفتی نشان داده است.

۳- افزودن ترکیب بازدارنده‌ی v-351 به مخلوط‌های نفتی میدان بنگستان با محتوای واکس ۴۰ درصد، نقطه‌ی ریزش را تا ۱۸ درجه سانتیگراد و افزودن همین ترکیب به مخلوط‌های نفتی میدان بنگستان با محتوای واکس ۲۰ درصد، نقطه‌ی ریزش را تنها ۳ درجه‌ی سانتیگراد کاهش داده است. همچنین افزودن ترکیب بازدارنده‌ی p-6213 به مخلوط‌های نفتی میدان منصوری با محتوای واکس ۵۰ درصد، نقطه‌ی ریزش را تا ۹ درجه سانتیگراد و افزودن همین ترکیب به مخلوط‌های نفتی میدان منصوری با محتوای واکس ۲۰ درصد، نقطه‌ی ریزش را تنها ۳ درجه‌ی سانتیگراد کاهش داده است. بنابراین افزودن ترکیبات بازدارنده‌ی ذکر شده به مخلوط‌های نفتی با محتوای واکس بیشتر، تأثیر بیشتری بر کاهش نقطه‌ی ریزش داشته است.

۴- بازدارنده‌های تجاری ۱۱۰، ۱۱۱ و ۱۱۲ که ترکیبات پلیمری هستند و نیز دودسیل رزورسینول، اثر قابل توجهی بر تشکیل رسوب واکس مخلوط‌های نفتی نداشته‌اند. همچنین ترکیبات بازدارنده‌ی دودسیل بنزن سولفونیک اسید و سدیم سولفونات و سدیم پترولیوم سولفونات، در مقایسه با v-351 اثر چشمگیری بر کاهش نقطه‌ی ریزش مخلوط‌های نفتی واکس دار نداشته‌اند.



مراجع

- 1- A. L. C. Machado, E. F. Lucas and G. Gonzalez, Polyethylene co vinylacetate as wax inhibitor of a Brazilian crude oil, J. Pet. Sci. and Eng., 32(2001)159.
- 2- D. M. Duffy, P. M. Rodger, Wax inhibition with poly octadecyle acrylate, Phy. Chem. Chem. Phys., 328(2002)34.
- 3- J. A. P. Coutinho, and J. L. Daridon, The limitations of the cloud point measurement techniques and the influence of the oil composition on its detection, Phys. Chem. Chem. Phys, 303(2004)51.
- 4- S. Li, J. Blackmon, A. Demange, T-C, Jao, Linear sulfonate detergents as pour point depressants, Lub. Sci.,16(2004)127.
- 5- ASTM International (2003). Annual Book of ASTM Standards. West Conshohocken.