

بررسی آزمایشگاهی اثر بازدارنده‌ها بر روی توزیع اندازه ذرات آسفالتن با روش ویسکومتری

محمد مهدی شادمان^۱، محسن وفایی سفتی، سید علی رضا سراجیان اردستانی، مهرداد سلیمانی

استان تهران - دانشگاه تربیت مدرس - گروه مهندسی شیمی
 m.shadman@modares.ac.ir

چکیده

آسفالتن یکی از مهم‌ترین مشکلاتی است که در مبحث ازدیاد برداشت نفت خام روی می‌دهد. اضافه کردن عوامل معلق‌کننده به نفت خام، که عملکردی شبیه به رزین‌های طبیعی دارند، باعث جلوگیری از فرآیند تجمع توده‌های آسفالتن در نفت خام می‌شود. در این مطالعه عملکرد سه نوع بازدارنده در پایدارسازی توده‌های آسفالتن مورد بررسی قرار گرفته است. برای تعیین نقطه شروع رسوب آسفالتن از روش ویسکومتری استفاده شده است. با استفاده از اثرات برشی توده‌های آسفالتن در محلول‌های ناپایدار، به معرفی نقطه جذب موثر بازدارنده پرداخته شده است. نقطه جذب موثر یک بازدارنده در ارتباط با جذب مولکول‌های بازدارنده بر سطح ذرات آسفالتن و قدرت پایدارسازی بازدارنده می‌باشد، بدین مفهوم که هرچه نقطه جذب موثر یک بازدارنده بیشتر باشد، میزان کمتری از بازدارنده بر سطح ذرات آسفالتین جذب می‌شود. با محاسبه ویسکوزیته نسبی، تغییرات کسر حجمی موثر ذرات معلق در اثر جذب بازدارنده‌ها را بررسی نمود. نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد کسر حجمی ذرات معلق در اثر جذب بازدارنده‌ها بر روی سطح ذرات آسفالتن افزایش می‌یابد، اما کافی نبودن میزان رزین‌ها قبل از نقطه جذب موثر باعث تغییرات نوسانی کسر حجمی موثر در نتیجه اثرات برشی خوشه‌های آسفالتن می‌شود که این اثرات برشی در غلظت‌های بازدارنده بیش‌تر از نقطه جذب موثر مشاهده نمی‌شود. هم‌چنین، اثرات برشی توده‌های آسفالتن و نقطه جذب موثر، با مدل‌سازی کسر حجمی ذرات معلق تایید شده است.

واژه‌های کلیدی: آسفالتن، رزین، بازدارنده، نقطه شروع رسوب، رسوب.

۱- دانشجوی دکتری مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس

۱- مقدمه

یکی از مشکلات عمده ای که به تولید نفت خام مربوط می شود، مشکل رسوب آسفالتن می باشد. آسفالتن ها به عنوان سنگین ترین و قطبی ترین جزء نفت خام محسوب میشوند که در حلال های آروماتیک محلول هستند اما در نرمال آلکان ها غیر محلول می باشند [۱]. بر طبق نظریه کلوئیدی آسفالتن ها در نفت خام به صورت کلوئیدی هستند که بوسیله رزین های طبیعی پایدار شده اند. هر گونه تغییر در شرایط تعادلی نفت خام همانند تغییر در فشار، دما و ترکیب نفت خام می تواند منجر به تجمع کلوئید های آسفالتنی و رسوب ذرات آسفالتن از نفت خام شود [۲]. مشکل رسوب آسفالتن در حین تولید، انتقال و پالایش نفت سبب کاهش تولید و افزایش هزینه های نگهداری می شود. بدین منظور روش های فیزیکی و شیمیایی به منظور برطرف کردن مشکلات در زمینه نفت های آسفالتنی و افزایش بازده فرآیند های ازدیاد برداشت توسعه داده شده اند [۳، ۴]. یک روش برای شناسایی نفت های خامی که با مشکل رسوب آسفالتن روبرو هستند تعیین مقدار شاخص ناپایداری کلوئیدی میباشد. شاخص ناپایداری کلوئیدی به صورت مجموع آسفالتن ها و ترکیبات اشباع به مجموع آروماتیک ها و رزین ها تعریف میشود [۵]. (رابطه ۱)

$$CII = \frac{\text{Asphaltene} + \text{Saturate}}{\text{Aromatics} + \text{Resins}} \quad (1)$$

محدوده مقادیر CII بر طبق شواهد تجربی به سه بخش تقسیم بندی میشود. هنگامی که این شاخص ۰٫۹ یا بستر از ۰٫۹ باشد، نمونه دارای آسفالتن های ناپایدار است. مقادیر کمتر از ۰٫۷ پایداری نمونه نفتی را نشان میدهد و مقادیر بین ۰٫۷ تا ۰٫۹ مشخص نمی باشد [۶]. استفاده از بازدارنده ها به منظور پایدار سازی توده های کلوئیدی و جلوگیری از رسوب در نفت به طور وسیع مورد مطالعه قرار گرفته است. ویژگی ساختاری بازدارنده ها سبب میشوند که آن ها به صورتی پلی مابین محیط قطبی (آسفالتن ها) و محیط غیر قطبی (بالک نفت خام) عمل کنند و با اتصال گروه آب دوست به آسفالتن و گروه نفت دوست به بالک نفت از تجمع ذرات آسفالتن جلوگیری کنند. اغلب ترکیبات آلی آمفیفیل ها به عنوان پایدار کننده به کار میروند [۷، ۸ و ۹]. چانگ و فوگلر برهم کنش آمفیفیل های مشتق شده از آلکیل بنزن با ذرات آسفالتن در حلال های آلیفاتیک را بررسی کردند و نشان دادند توانایی آمفیفیل ها برای پایداری ذرات آسفالتن به قدرت برهم کنش آمفیفیل با آسفالتن و تشکیل یک لایه پایدار فضایی در اطراف آسفالتن بستگی دارد [۸ و ۹]. لئون و همکاران (۱۹۹۹)، جذب سطحی ایزوترم آمفیفیل های مشتق از آلکیل بنزن ها بر ذرات آسفالتن را بررسی کردند و نشان دادند جذب سطحی آمفیفیل ها بر سطح ذرات آسفالتن در دو مرحله انجام میشود: در مرحله اول آمفیفیل ها از طریق برهم کنش با ذرات آسفالتن، به طور جداگانه بر سطح ذرات آسفالتن جذب می شوند. در مرحله دوم برهمکنش بین آمفیفیل های جذب شده غالب میشود و توده هایی از آمفیفیل ها بر سطح ذرات آسفالتن تشکیل میشود. مطالعات آن ها نشان داد که ماکزیمم میزان جذب آمفیفیل بر سطح آسفالتن مرتبط با میزان فعالیت یک آمفیفیل به عنوان پایدار کننده میباشد [۱۰ و ۱۱]. کرایواتانوانگ^۱ و همکاران (۲۰۰۹)، با تکنیک های مختلف مانند تیتراسیون خودکار، اندازه گیری کدورت و اندازه گیری توزیع اندازه ذرات به بررسی پخش کننده های آسفالتن ها پرداختند. آن ها توسط اندازه گیری کدورت پخش کننده های مورد مطالعه را به گروه های موثر، بیشتر موثر و کمتر موثر تقسیم بندی کردند و با بررسی اندازه ذرات نشان دادند پخش کننده های آسفالتن موادی هستند که آسفالتن های کلوئیدی را پایدار می کنند و از تشکیل لخته های آسفالتن ها جلوگیری می کنند [۱۲].

¹ Kraiwattanawong

مقایسه بازدارنده های تجاری با بازدارنده های متعارف و ترکیبات دیگر موضوع بررسی پژوهشگران بوده است. میزان مؤثر بودن بازدارنده های تجاری بستگی به ویژگی های نفت مورد بررسی بستگی دارد. غلوم وهمکاران (۲۰۱۰)، سه نوع بازدارنده تجاری را با بازدارنده های غیرتجاری که عمدتاً محصولات جانبی فرآیند های پالایش بودند مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که بازدارنده های تجاری بازی در مورد نفت خام با محتوای قطبیت کم و رزین زیاد و بازدارنده های اسیدی در مورد نفت های خام دارای محتوای قطبیت زیاد مؤثر میباشند [۱۳]. چاوز-میاجی و همکاران (۲۰۱۲)، یک گروه جدید از N-آریل آمینو الکل ها به عنوان بازدارنده و پراکنده کننده رسوب آسفالتن سنتز و معرفی نمودند. ساختار این ترکیبات سنتز شده بوسیله اسپکتروسکوپی FTIR و اسپکتروسکوپی جرمی مورد تایید قرار گرفت [۱۴]. در این مطالعه عملکرد سه نوع بازدارنده در پایدارسازی توده های آسفالتن مورد بررسی قرار گرفته است. برای تعیین نقطه شروع رسوب آسفالتن از روش ویسکومتری استفاده شده است. با استفاده از اثرات برشی توده های آسفالتن در محلول های ناپایدار، به معرفی نقطه جذب مؤثر بازدارنده پرداخته شده است.

۲- مواد و روش ها

نفت خام که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است دارای مقدار ۱۴،۳ درصد وزنی آسفالتن با نسبت ۱:۴۰ نرمال هپتان به نفت و مطابق روش آزمایشی SARA دارای ۴۶،۶۳ درصد اشباع، ۳۴،۳ درصد آروماتیک، ۴،۷۷ درصد رزین، ۱۴،۳ درصد آسفالتین می باشد. بازدارنده های مورد استفاده شامل دودسیل بنزن سولفونیک اسید خطی (Linear DBSA)، دودسیل بنزن سولفونیک اسید شاخه دار (Branched DBSA) و کوکونات دی اتانول آمید میباشند. قدرت بازدارندگی بازدارنده های مورد مطالعه بوسیله اندازه گیری نقطه شروع رسوب آسفالتن در حضور بازدارنده بررسی شده است. در این مطالعه برای تعیین نقطه شروع رسوب آسفالتن، از روش ویسکومتری استفاده شده است. در این روش، تغییرات ویسکوزیته نمونه نفتی با عامل رسوب دهنده نرمال هپتان اندازه گیری می شود. در نقطه شروع به علت تشکیل توده های آسفالتن و افزایش شدید ذرات معلق آسفالتن، ویسکوزیته نمونه افزایش می یابد [۱۵ و ۱۶]. برای استفاده از روش ویسکومتری در این مطالعه حلال رسوب دهنده مورد استفاده نرمال هپتان با خلوص ۹۹ درصد و دانسیته آن در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد (gr/cm^3) ۰،۶۸۳ استفاده شده است. ویسکومتر استابینگر آنتون پار مدل SVM3000 مورد استفاده قرار گرفته است. دقت این ویسکومتر، ویسکوزیته سنماتیک ۰،۲ تا ۲۰۰۰۰ (mm^2/s) و ویسکوزیته دینامیک ۰،۲-۲۰۰۰۰ $(mPa.s)$ است. برای تعیین قدرت پایدار سازی بازدارنده های مورد مطالعه، یک مخلوط ناپایدار از ذرات آسفالتن مورد نیاز می باشد. بدین منظور محلول ۸،۱۶ درصد وزنی (۱۱ درصد حجمی) نرمال هپتان در نفت خام تهیه شد. بعد از این که این محلول به تعادل رسید، مقادیر بازدارنده در محدوده صفر تا حدود ۵ درصد وزنی به محلول مورد نظر اضافه شد و پس از رسیدن به تعادل ویسکوزیته نمونه ها اندازه گیری شد.

۳- بحث و نتایج

نقطه شروع با استفاده از روش ویسکومتری در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد به دست آمده است. با اضافه کردن تدریجی نرمال هپتان به نمونه و اندازه گیری ویسکوزیته دینامیک، نقطه ۹،۰۹ درصد حجمی نرمال هپتان یا $n-C_7 / gr\ oil$ ۰،۱۱ cm^3 به عنوان نقطه شروع رسوب در نمودار در نظر گرفته می شود. از این نقطه به بعد، افزایش تشکیل ذرات معلق در نمونه مشاهده شده است و با افزایش نرمال هپتان بیشتر به نمونه مقدار رسوب آسفالتن بعد از نقطه ته نشینی به سرعت افزایش پیدا می کند و میزان ذرات معلق موجود در نمونه به بیشترین مقدار خود می رسد. با افزایش غلظت نرمال هپتان، قطر ذرات افزایش می یابد و اثرات هیدرودینامیک اهمیت پیدا می کند و تنش های برشی دستگاه ویسکومتر در طول اندازه گیری ویسکوزیته، سبب تجزیه لخته های با قطر بزرگ می شود. با توجه به آنالیز SARA، مقدار CII برای نمونه

نفت مورد مطالعه برابر با ۱,۶ بدست می آید. نمونه نفت حاوی ۱۱ درصد حجمی نرمال هپتان دارای مقدار CII برابر با ۱,۸ می باشد. در این مطالعه نمونه ناپایدار با CII برابر با ۱,۸ به عنوان یک معیار ناپایداری در تمام تست ها ی تعیین قدرت پایدارسازی بازدارنده ها می باشد. شکل های ۱، ۲ و ۳ نمودار تغییرات ویسکوزیته سینماتیک بر حسب غلظت بازدارنده های استفاده شده را نشان می دهد. در بدست آوردن این منحنی ها از خاصیت هیدرودینامیکی خوشه های آسفالتن در نسبت های نرمال هپتان به نفت بیشتر از نقطه شروع رسوب آسفالتن، استفاده شده است. مطالعات نشان می دهد در نسبت های بالای رقیق شوندگی نرمال هپتان قطر خوشه های آسفالتن، بسته به نوع نفت خام حتی بیشتر از ۳۰۰ میکرومتر می باشد. قطر این ذرات خارج از محدوده حرکت بروانی می باشد، بنابراین اثرات هیدرودینامیکی مؤثر می باشد [۱۷ و ۱۸]. هم چنین مشاهدات تجربی نشان می دهند خوشه های آسفالتن تشکیل شده شکننده می باشند و انتظار داریم در طی اندازه گیری ویسکوزیته نمونه، خوشه های با قطر زیاد شکسته شوند و خوشه های شکسته شده مجدداً بر اثر تنش های برشی به هم متصل شوند. این پدیده ها می توانند سبب کاهش یا افزایش جزء حجمی مؤثر ذرات معلق شوند [۱۷ و ۱۹]. این پدیده ها می توانند سبب افزایش یا کاهش ویسکوزیته دینامیک نیز شوند. چرا که بر طبق رابطه ۲ ارائه شده توسط ژیلسپی ویسکوزیته دینامیک یک مخلوط نفت خام و نرمال هپتان به جزء حجمی مؤثر ذرات آسفالتن مربوط می باشد. رابطه ۲، ماهیت تجمعی و توزیع اندازه ذرات آسفالتن را در بر دارد.

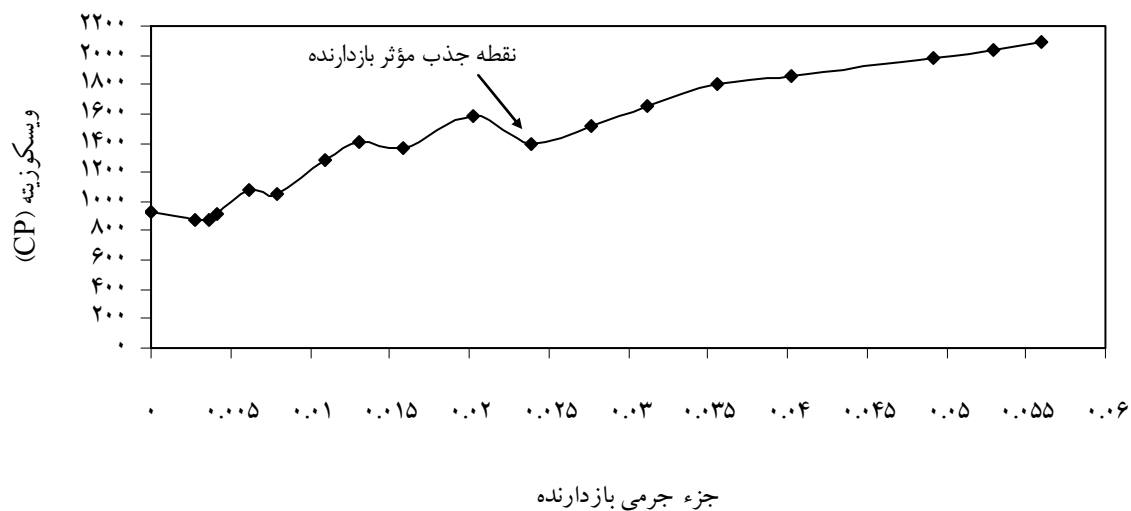
$$\mu_s / \mu_0 = \frac{1 + \phi_{eff} / 2}{(1 - \phi_{eff})^2} \quad (2)$$

در این رابطه، ϕ_{eff} کسر حجمی مؤثر ذرات معلق، μ_s ویسکوزیته مخلوط معلق و μ_0 ویسکوزیته محیط معلق (نمونه نفت بدون آسفالتن) می باشد [۱۹].

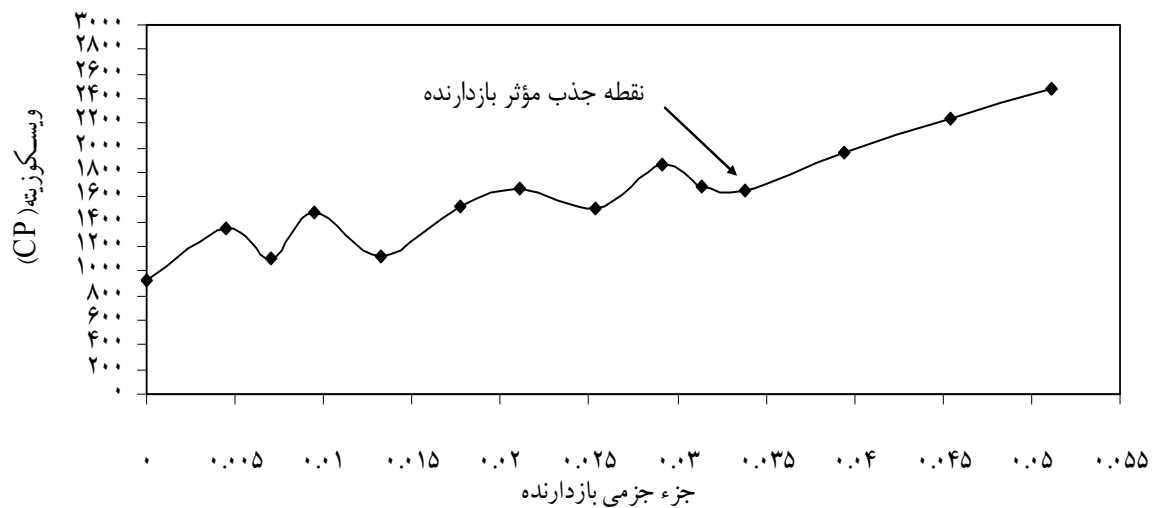
در شکل ۲ تاثیر بازدارنده دودسیل بنزن سولفونیک اسید خطی بر تغییرات ویسکوزیته دینامیک محلول ۱۱ درصد حجمی نرمال هپتان در نفت خام بررسی شده است. افت و خیز های نشان داده شده در نمودار نشان دهنده خوشه های ناپایدار آسفالتن در نفت خام می باشند. مشاهده می شود که هر چقدر میزان بازدارنده افزایش می یابد، افت و خیز در شکل ۲ کاهش می یابد. کاهش این افت و خیز مربوط به برهم کنش بازدارنده بر روی خوشه آسفالتن و کاهش قطر خوشه های آسفالتن و در نتیجه کاهش اثرات هیدرودینامیکی خوشه های آسفالتن می باشد. در شکل ۲، نقطه ای وجود دارد که پس از آن با افزایش غلظت بازدارنده، تغییرات نوسانی ویسکوزیته مشاهده نمی شود. این نقطه (غلظت ۰,۰۲۳۹، در شکل ۲) متناظر با نقطه پایداری محلول و بیشترین میزان جذب رزین بر سطح آسفالتن ها می باشد که "نقطه موثر جذب بازدارنده" می نامیم. شکل ۲، در واقع نمایانگر قدرت پایدارسازی توده های آسفالتن توسط بازدارنده می باشد. نقطه موثر جذب بازدارنده بر روی سطح ذرات آسفالتن مربوط به خاصیت پراکندگی بازدارنده ها است. خاصیت پراکندگی بازدارنده ها مربوط به توانایی بازدارنده برای پایدار کردن ذرات آسفالتن کلوییدی (ذرات با قطر کمتر از یک میکرومتر) و جلوگیری از تشکیل آسفالتن های لخته شده (ذرات با قطر بیش از یک میکرومتر) است [۱۲]. هرچه نقطه موثر جذب یک بازدارنده کمتر باشد، غلظت های کمتری از این بازدارنده برای جلوگیری از لخته شدن ذرات مورد نیاز می باشد [۱۵ و ۱۶].

شکل ۳ و ۴ منحنی های قدرت پایدار سازی توده های آسفالتن توسط بازدارنده های دودسیل بنزن سولفونیک اسید شاخه دار و کوکونات دی اتانول آمید را نشان می دهد. مطابق با شکل ۳، نقطه موثر جذب بازدارنده برای بازدارنده دودسیل بنزن سولفونیک اسید شاخه دار برابر با ۰,۰۳۳۸ و همانطوری که در شکل ۴ مشاهده می شود برای بازدارنده کوکونات دی اتانول آمید نقطه موثر جذب برابر با ۰,۰۱۸۷ می باشد. نقطه جذب موثر یک بازدارنده در ارتباط با جذب مولکول های بازدارنده بر سطح ذرات آسفالتن و قدرت پایدارسازی بازدارنده می باشد. بدین مفهوم که هرچه نقطه جذب موثر یک بازدارنده بیشتر باشد، میزان کمتری از بازدارنده بر سطح ذرات آسفالتین جذب می شود.

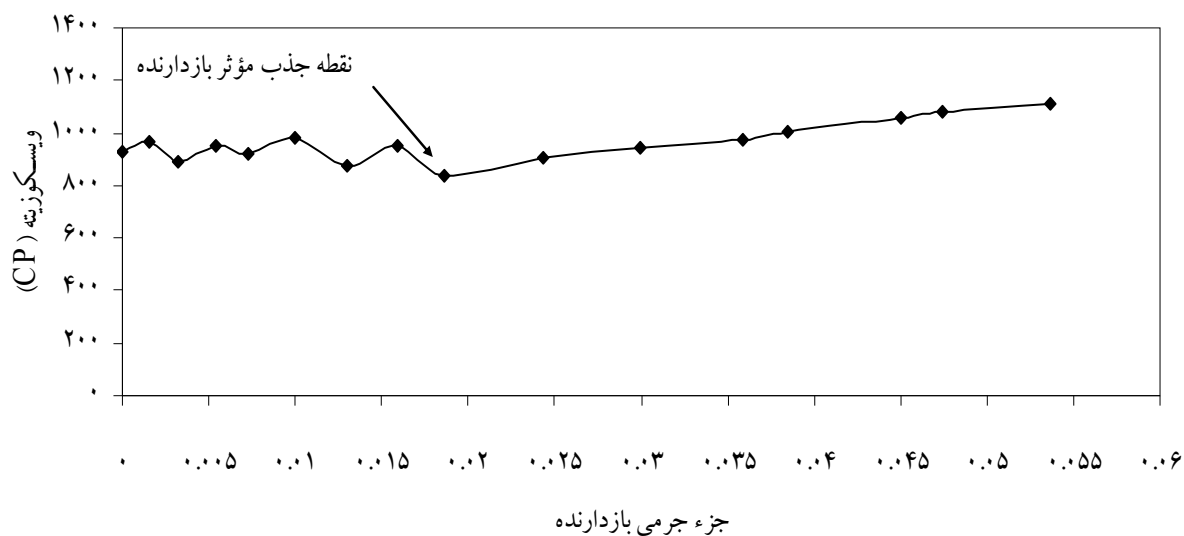
مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
 ۷ خرداد ۱۳۹۴، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
 مجری: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱
 www.Reservoir.ir



شکل ۱- تغییرات ویسکوزیته بر حسب جزء جرمی بازدارنده دودسیل بنزن سولفونیک اسید خطی در نمونه ناپایدار $CII = 1,8$



شکل ۲- تغییرات ویسکوزیته بر حسب جزء جرمی بازدارنده دودسیل بنزن سولفونیک اسید شاخه دار در نمونه ناپایدار $CII = 1,8$



شکل ۳- تغییرات ویسکوزیته بر حسب جزء جرمی بازدارنده کوکونات دی اتانول آمید در نمونه ناپایدار ۱,۸ CII

طبق رابطه ۲، با محاسبه ویسکوزیته نسبی، می‌توان تغییرات کسر حجمی موثر ذرات معلق با اضافه کردن بازدارنده به نمونه نفت حاوی ۱۱ درصد حجمی نرمال هپتان بررسی نمود. در مورد نمونه نفت خام، محیط تعلیق^۱ عبارت از فاز مایع بدون آسفالتن است. به دلیل پیچیدگی مخلوط و مشکلات مرحله جداسازی، جداسازی آسفالتن از نمونه و اندازه‌گیری ویسکوزیته مالتن به این روش انجام پذیر نیست. برای محاسبه ویسکوزیته محیط تعلیق از روابط تجربی استفاده شده است. رابطه لوب^۲ جهت پیش‌بینی ویسکوزیته سینماتیکی مخلوط‌های دو جزئی به صورت زیر ارائه شده است [۱۷].

$$\nu_m = \phi_A \nu_A \exp(\phi_B \alpha_B^*) + \phi_B \nu_B \exp(\phi_A \alpha_A^*) \quad (3)$$

زیر نویس A مشخص‌کننده ترکیب با ویسکوزیته پائین‌تر و زیر نویس B ترکیب با ویسکوزیته بالاتر را نشان می‌دهد.

α_B^* ، α_A^* : پارامتر مشخصه A و B

ϕ_B ، ϕ_A : جزء حجمی A و B در مخلوط.

ν_B ، ν_A : گرانیوی سینماتیکی A و B

ν_m : گرانیوی سینماتیکی مخلوط

لوب پیشنهاد کرد که اگر ویسکوزیته سینماتیکی مخلوط نسبت به ترکیب نفت خام بصورت یکنواخت تغییر نماید، آنگاه خواهیم داشت:

¹ suspending medium

² lobe

$$\alpha_A^* = C_1 \operatorname{Ln} \frac{V_B}{V_A} \quad (۴)$$

$$\alpha_B^* = C_2 \operatorname{Ln} \left(\frac{V_B}{V_A} \right) + \left[C_3 \operatorname{Ln} \left(\frac{V_B}{V_A} \right) \right]^{0.5} \quad (۵)$$

ثابت های C_1 ، C_2 و C_3 از طریق برازش داده های های تجربی محلول های دوجزئی نفت و حلال قطبی به دست می آید. برای به دست آوردن ویسکوزیته زمینه (ویسکوزیته نمونه نفتی بدون آسفالتن) نمونه نفت حاوی ۱۱ درصد حجمی نرمال هپتان ($C_{II}=1/8$)، از برازش داده های ویسکوزیته "تولوئن" و "نفت خام" استفاده شده است و در جدول ۱، ثابت های مذکور، با استفاده از روش حداقل مربعات غیرخطی برای مخلوط "نفت خام" و "تولوئن" بیان شده است. سپس از این ثابت ها برای به دست آوردن ویسکوزیته زمینه مخلوط "نفت خام" و "نرمال هپتان" استفاده شده است.

طبق رابطه ۲، کسر حجمی مؤثر ذرات معلق برای نمونه نفت خام حاوی ۱۱ درصد حجمی نرمال هپتان ($C_{II}=1/8$)، مقدار $0/465$ به دست می آید. برای بررسی اثر بازدارنده بر کسر حجمی مؤثر ذرات نمونه $C_{II}=1/8$ ، جزء Aء نمونه نفت خام حاوی ۱۱ درصد حجمی نرمال هپتان و جزء B بازدارنده در نظر گرفته شد. برای به دست آوردن ویسکوزیته زمینه مخلوط A و B از برازش داده های مخلوط "نمونه نفت خام حاوی ۱۱ درصد حجمی تولوئن" و "بازدارنده مورد نظر" استفاده شده است. در جدول ۲، ثابت های C_1 ، C_2 و C_3 بازدارنده های مربوطه ذکر شده اند.

جدول ۱- ثابت های C_1 ، C_2 و C_3 برای مخلوط "نفت خام ۲" و "تولوئن"

C_1	C_2	C_3
-۱/۸	۰/۲۱۳۱	۱/۲۸۴

جدول ۲- ثابت های C_1 ، C_2 و C_3 برای مخلوط "نفت خام حاوی ۱۱ درصد حجمی تولوئن" و "بازدارنده"

C_1	C_2	C_3	بازدارنده
-۱/۸	۰/۳۰۲۹	۱/۱۵۱	دودسیل بنزن سولفونیک اسید خطی
-۱/۸	۰/۲۴۸۲	۱/۱۴۹	دودسیل بنزن سولفونیک اسید شاخه دار
-۱/۸	۰/۳۰۵۱	۱/۱۵۳	کوکونات دی اتانول آمید

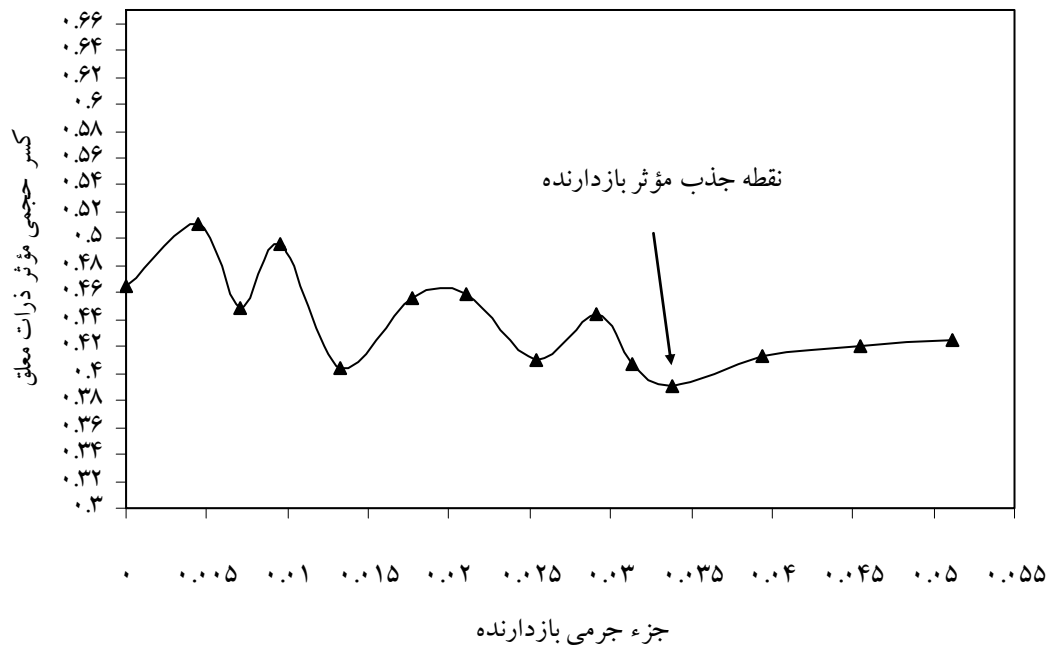
شکل های ۴، ۵ و ۶ تغییرات کسر حجمی مؤثر ذرات معلق با اضافه کردن بازدارنده به نمونه نفت خام حاوی ۱۱ درصد حجمی نرمال هپتان ($C_{II}=1/8$) را نشان می دهد. مشابه با منحنی های قدرت پایدار سازی بازدارنده، اثرات برشی خوشه های آسفالتن سبب ایجاد تغییرات نوسانی کسر حجمی مؤثر در شکل های ۱، ۲ و ۳ می شود. کسر حجمی ذرات معلق در اثر جذب

بازدارنده‌ها بر روی سطح ذرات آسفالتن افزایش می‌یابد، اما کافی نبودن میزان رزین‌ها قبل از نقطه جذب مؤثر باعث تغییرات نوسانی کسر حجمی مؤثر در نتیجه اثرات برشی خوشه‌های آسفالتن می‌شود که این اثرات برشی در غلظت‌های بازدارنده بیش‌تر از نقطه جذب مؤثر مشاهده نمی‌شود. افزایش کسر حجمی ذرات معلق از نقطه جذب مؤثر به بعد، در اثر اضافه شدن ذرات معلق بازدارنده به نمونه می‌باشد. این نتایج بست آمده با داده‌های آزمایشگاهی نقطه جذب مؤثر بازدارنده‌ها (شکل‌های ۱، ۲ و ۳) سازگار است.

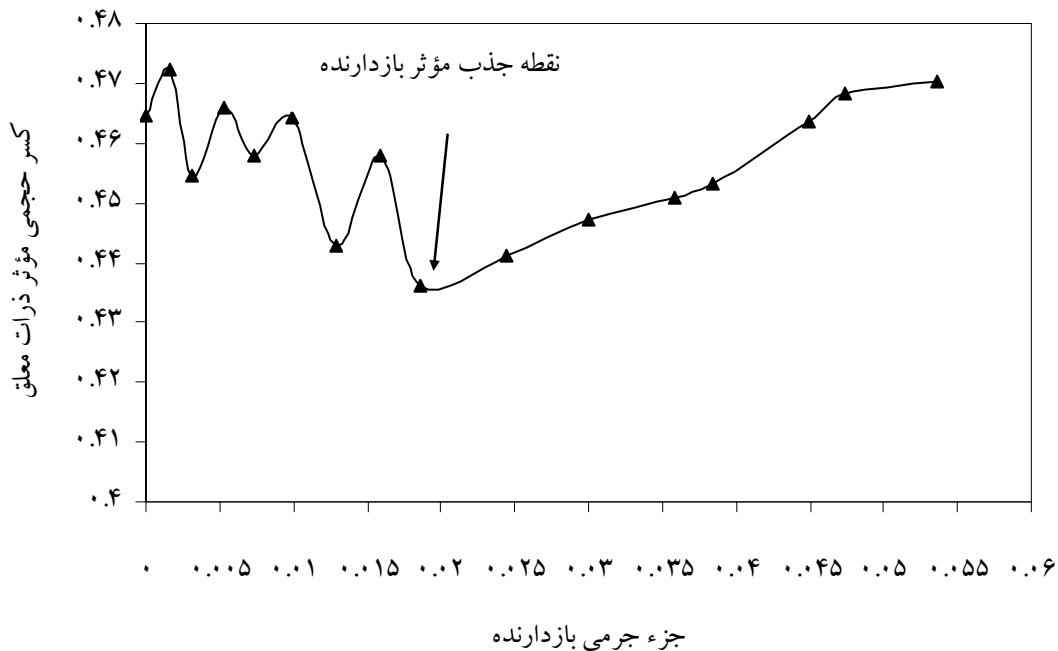


شکل ۴- پیش‌بینی کسر حجمی مؤثر ذرات معلق مخلوط "نفت خام حاوی ۱۱ درصد حجمی نرمال هپتان" و "دودسیل بنزن سولفونیک اسید خطی"

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
 ۷ خرداد ۱۳۹۴، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
 مجری: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱
 www.Reservoir.ir



شکل ۵- پیش بینی کسر حجمی مؤثر ذرات معلق مخلوط "نفت خام حاوی ۱۱ درصد حجمی نرمال هپتان" و "دودسیل بنزن سولفونیک اسید شاخه دار"



شکل ۶- پیش بینی کسر حجمی مؤثر ذرات معلق مخلوط "نفت خام حاوی ۱۱ درصد حجمی نرمال هپتان" و "کوکونات دی اتانول آمید"

۷- نتیجه گیری

در تعیین نقطه شروع رسوب آسفالتن با استفاده از روش ویسکومتری با افزایش غلظت نرمال هپتان، قطر کلویید ها افزایش می یابد و اثرات هیدرودینامیک اهمیت پیدا می کند و تنش های برشی دستگاه ویسکومتر در طول اندازه گیری ویسکوزیته، سبب تجزیه لخته های با قطر بزرگ می شود. این موضوع رفتار نا منظم ویسکوزیته بعد از نقطه شروع رسوب را توجیه می کند. باتوجه به اثرات برشی توده های آسفالتن به بررسی قدرت پایدارسازی این توده ها توسط بازدارنده های مختلف پرداخته شده است. نتایج نشان می دهد افت و خیز های نشان داده شده در نمودار ویسکوزیته دینامیک بر حسب غلظت بازدارنده، نشان دهنده خوشه های ناپایدار آسفالتن در نفت خام میباشند. مشاهده میشود که هر چقدر میزان بازدارنده افزایش می یابد، میزان افت و خیز ویسکوزیته دینامیک کاهش می یابد. کاهش این افت و خیز مربوط به برهم کنش بازدارنده بر روی خوشه آسفالتن و کاهش قطر خوشه های آسفالتن و در نتیجه کاهش اثرات هیدرودینامیکی خوشه های آسفالتن میباشد. نقطه ای که بعد از آن دیگر اثرات برشی در منحنی قدرت پایدارسازی بازدارنده ها مشاهده نمیشود را نقطه موثر جذب بازدارنده مینامیم. نقطه جذب موثر یک بازدارنده در ارتباط با جذب مولکول های بازدارنده بر سطح ذرات آسفالتن و قدرت پایدارسازی بازدارنده می باشد، بدین مفهوم که هرچه نقطه جذب موثر یک بازدارنده بیشتر باشد، میزان کمتری از بازدارنده بر سطح ذرات آسفالتین جذب میشود. با محاسبه ویسکوزیته نسبی، تغییرات کسر حجمی موثر ذرات معلق در اثر جذب بازدارنده ها را بررسی نمود. محاسبات نشان میدهد کسر حجمی ذرات معلق در اثر جذب بازدارنده ها بر روی سطح ذرات آسفالتن افزایش می یابد، اما کافی نبودن میزان رزین ها قبل از نقطه جذب مؤثر باعث تغییرات نوسانی کسر حجمی مؤثر در نتیجه اثرات برشی خوشه های آسفالتن می شود که این اثرات برشی در غلظت های بازدارنده بیش تر از نقطه جذب مؤثر مشاهده نمی شود.

مراجع

- [1] Speight, J. G., The Chemistry and Technology of Petroleum, 3rd ed, Marcel Dekker, New York, 1999.
- [2] Pedersen, K. S., Christensen, P. L. Phase Behavior of Petroleum Reservoir Fluids, CRC Press, Boca Raton, FL, 2007.
- [3] Escobedo J, Mansoori G., Heavy organic deposition and plugging of wells (analysis of Mexico's experience). Proc. II LACPEC, (SPE) 23694. Soc. Pet. Eng., Richardson, TX, 1992.
- [4] Buenrostro-Gonzalez, E., Groenzin, H., Lira-Galeana, C., and Mullins, O.C, The overriding chemical principles that define asphaltene s, Energy Fuels, Vol. 15, No. 4, pp. 972-978, 2001b.
- [5] Yen A, Yin Y R, Asomaning S., Evaluating asphaltene inhibitors: laboratory tests and field studies, in SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, Houston, Texas, 2001.
- [6] Gaestel C., Smadja R., Lamminan K.A., Contribution a la connaissance des proprietes des bitumes routiers, Rev Gen Routes Circ Rout, 466, pp. 85-97, 1971.
- [7] Chang C.L. & Fogler H.S., Stabilization of asphaltene s in aliphatic solvents using alkylbenzene-derived amphiphiles: 1. Effect of the chemical structure of amphiphiles on asphaltene stabilization", Langmuir, Vol. 10, pp. 1749-1757, 1994a.
- [8] Chang C.L. & Fogler H.S., Stabilization of asphaltene s in aliphatic solvents using alkylbenzene-derived amphiphiles. 2. Study of the asphaltene-amphiphile interactions and structures using fourier transform infrared spectroscopy and small-angle x-ray scattering techniques, Langmuir, Vol. 10, pp. 1758-1766, 1994b.
- [9] K. Leontaritis, G. Mansoori, Asphaltene Deposition: Flocculation during oil production and processing: A thermodynamic colloidal model, SPE 16285, San Antonio, TX. 4-6 February, 1989.

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱
www.Reservoir.ir

- [10]Leon O., Rogel E., Urbina A., Andujar A., Lucas A., Study of the adsorption of alkyl benzene-derived amphiphiles on asphaltene particles, *Langmuir*, Vol.15, pp. 7653–7657, 1999.
- [11]Leon O., Contreras E., Rogel E., Dambakli G., Acevedo S., Carbogani L., Espidel J., Adsorption of native resins on asphaltene particles: A correlation between adsorption and activity, *Langmuir*, Vol.18, pp. 5106–5112, 2002.
- [12]Kraiwattanawong K., Scott Fogler H., Gharfeh S.G., Singh P., Thomason W.H., Chavadej S., Effect of asphaltene dispersants on aggregate size distribution and growth, *Energy Fuels*, Vol.23, No. 3, pp. 1575–1582, 2009.
- [13]Ghloum E.F., Al-Qahtani M. & Al-Rashid A., Effect of inhibitors on asphaltene precipitation for Marrat Kuwaiti reservoirs, *J. Pet. Sci.Eng*, Vol. 70, pp.99-106, 2010.
- [14]Chavez–Miyauchi, T. E. et al. , N-aryl amino-alcohols as stabilizers of asphaltenes , *Fuel* ,2012.
- [15]Shadman M. M., Vafaie Sefti M., Saeedi Dehaghani A. H, Dehghani zadeh M., Effect of Inhibitors on Asphaltene Precipitation in Crude Oil Using Viscometric Method, *Energy Sources, Part A*, 34,pp. 827- 838, 2012.
- [16]Shadman M. M., Dehghani zadeh M., Saeedi Dehaghani A. H,Vafaie Sefti M., Mokhtarian N., "An Investigation of the Effect of Aromatic, Anionic and Nonionic Inhibitors on the Onset of Asphaltene Precipitation", *Journal of Oil, Gas and Petrochemical Technology*,1(1) , pp.17-28., 2014.
- [17]Escobedo J. & Mansoori G.A., Theory of viscosity as a criterion for determination of onset of asphaltene flocculation,*SPE 28729*, Texas, 20–26 August1996.
- [18]Mousavi-Dehghani S.A., Riazi M.R., Vafaie-Sefti M. & Mansoori G.A., An analysis of methods for determination of onsets of asphaltene phase separations, *J. Petrol. Sci. Eng.*, Vol. 42, pp. 145–156, 2004.
- [19]Kruif, C.G. The rheology of colloidal suspension in relation to their micro structure, In: *Hydrodynamics of Dispersed Media*.Editedby Hulin. J. P., Caznba~ A.M.,Guyon, E.. and Carmona. F. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1988.
- [20]Gillesple, T., The Effect of aggregation and particle size distribution on the viscosity of newtonmrr suspensions, *J.Ccdloid Inter. Sci.* , Vol. 94,No. 1, pp.166-173,1993.