

یادداشت پژوهشی

بررسی اثر زمان ماند گاز دی‌اکسید کربن در تشکیل رسوب آسفالتین در شرایط مخزن

محمد مهدی نادری^۱، مسعود نصیری^{۱*} و سید علیرضا طباطبائی‌نژاد^۲

۱- دانشکده مهندسی شیمی، نفت و گاز، دانشگاه سمنان، ایران

۲- دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۲

چکیده

تشکیل رسوب آسفالتین در مخازن نفتی در مرحله تولید اولیه و استفاده از روش‌های ازدیاد برداشت نفت مانند تزریق گاز به‌ویژه گاز دی‌اکسید کربن، مسئله نگران‌کننده‌ای است که اکثر میادین نفتی در دنیا با آن مواجه هستند. از این رو مطالعات آزمایشگاهی در این حوزه ضروری به نظر می‌رسد تا با جلوگیری از بروز مشکلات جبران‌ناپذیر ناشی از تشکیل آسفالتین در مخزن امکان دسترسی به بازده برداشت مطلوب‌تر فراهم شود. از این جهت اهمیت فنی و اقتصادی و شناخت شرایط عملیاتی تشکیل رسوبات آسفالتین در توسعه مخازن اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. در این پژوهش پس از آماده کردن دستگاه بررسی رفتار ترمودینامیکی سیالات نفتی، که قابلیت انجام آزمایش در دما و فشارهای بالا را دارا می‌باشد، میزان رسوب آسفالتین تشکیل شده تحت شرایط تزریق گاز دی‌اکسید کربن به داخل محیط متخلخل در دما و فشار ثابت و زمان‌های ماند مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در کلیه آزمایش‌ها شن فشرده ابتدا با نمونه نفتی اشباع و بعد به فشار مورد نظر رسیده است. در ادامه به منظور بررسی تاثیر دما و فشار و همچنین نوع نفت در زمان ماند، به ترتیب آزمایشات در دما و فشارهای مختلف برای نفت مخزن آسماری و نفت پایدارشرق انجام گردیده است. نتایج نشان می‌دهد افزایش زمان ماند گاز باعث افزایش میزان رسوب می‌شود که می‌تواند ناشی از افزایش فعل و انفعالات میان نفت و گاز موجود در محیط متخلخل در مجاورت یکدیگر و در اثر افزایش زمان ماند باشد.

کلمات کلیدی: رسوب آسفالتین، شن فشرده، تزریق دی‌اکسید کربن، زمان ماند، ازدیاد برداشت.

مقدمه

هیپتان رسوب می‌کند. آسفالتین موجود در نفت، در اثر تغییرات فشار، دما و یا تغییرات در ترکیب نفت موجود در مخزن و به‌طور کلی هر عملیاتی که روی چاه صورت گیرد و به نحوی باعث تغییر شرایط ترمودینامیکی نفت گردد، شروع به رسوب‌گذاری می‌کند [۱].

آسفالتین از اجزاء سنگین نفت خام، در شرایط فشار و دمای اولیه مخزن به‌صورت محلول بوده و در حضور آلکان‌های نرمال، مانند نرمال پنتان و یا نرمال

*مسئول مکاتبات
آدرس الکترونیکی

یکی از مهم‌ترین این رسوبات می‌باشد امری ضروری است چرا که هرگاه رسوب آسفالتین اتفاق می‌افتد، تولید به تأخیر افتاده و از طرفی به همان میزان نیز رفع مشکل رسوب آسفالتین پرهزینه می‌باشد و از طرف دیگر نیز تمیز کردن آسفالتین در مقیاس وسیعی در داخل چاه‌های نفتی نیازمند توقف تولید از چاه و در تجهیزات پالایشگاهی نیازمند توقف فرآیند می‌باشد [۶]. بنابراین جلوگیری از تشکیل این رسوب و بررسی فاکتورها و شرایط موثر در تشکیل این رسوب از آن جهت که از لحاظ اقتصادی و عملیاتی به صرفه‌تر است امری اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. این مقاله توجه خود را به شناخت و کنترل پارامتر جدیدی به نام زمان ماند معطوف، و اثر زمان ماند دی‌اکسید کربن در نفت خام در جهت تشکیل رسوب آسفالتین را بررسی کرده است [۷]. تاکاهاشی و همکاران در سال ۲۰۰۳ مجموعه آزمایشات بر روی مغزه جهت ارزیابی مکانیسم رسوب آسفالتین در شرایط فرآیند تزریق دی‌اکسید کربن انجام دادند که بعد از تزریق، زمان ماندی جهت پایدار شدن شرایط نفت و گاز تزریقی به مغزه به آن داده می‌شد. آن‌ها در آزمایشات خود از دو نوع مغزه با جنس‌های کربناته و ماسه سنگی استفاده کردند. مغزه کربناته از ۴ تا ۵ تکه تشکیل و در مغزه ماسه سنگی یک تکه با طول ۲۹/۵ cm استفاده شده بود. قطر همه مغزه‌ها ۳/۷۸ cm بوده است. نفت مورد استفاده در این مطالعه، ترکیبی از نفت خام از جداساز مخزن کربناته خاورمیانه با درصد آسفالتین ۳/۹٪ وزنی و گاز ساختگی بود. همچنین یک سری آزمایشات لوله قلمی^۱ برای یافتن حداقل فشار امتزاج^۲ انجام شد [۸]. در سال‌های اخیر محققین بسیاری به بررسی علل شرایط و عوامل مختلف در تشکیل رسوب آسفالتین پرداخته‌اند ولی نگاهی که در این مقاله به پدیده تشکیل رسوب آسفالتین معطوف گشته، نگاهی است که کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

به‌عنوان مثال در عملیات اسیدزنی چاه که به منظور رفع آسیب سازند صورت می‌گیرد یا در عملیات تزریق گاز به مخازن نفت که به منظور ازدیاد برداشت انجام می‌شود، در هر دو مورد احتمال رسوب آسفالتین زیاد خواهد بود. در این دو مثال تغییر ترکیب نفت که خود تابعی از تغییر شرایط ترمودینامیکی نفت مخزن است موجب ناپایداری آن شده و تشکیل رسوب آسفالتین را به دنبال خواهد داشت [۲].

این رسوب ممکن است در داخل مخزن تشکیل شود و مشکلات عملیاتی عدیده‌ای هم چون کاهش نفوذپذیری و تغییر ترشوندگی سنگ مخزن را در پی داشته باشد که منجر به آسیب سازند و انسداد چاه و در نهایت کاهش تولید نفت از مخزن و تهدید بازده اقتصادی برداشت آن شود. این رسوب در تأسیسات سطحی مانند پیرامون جداسازها، پمپ‌ها و سایر تجهیزات استخراج، انتقال و فرآوری نفت باعث بروز مشکلاتی هم‌چون ایجاد کک در مبدل‌های حرارتی و ستون‌های تقطیر و گرفتگی فیلترها و همچنین غیرفعال شدن سطح کاتالیست و همچنین افزایش هزینه‌های فرآیند و قیمت تمام شده محصولات شود [۳]. در این میان محققان به استفاده از گاز دی‌اکسید کربن به منظور افزایش بازیافت از منابع نفتی به‌علت فراوانی، در دسترس بودن، عوامل زیست محیطی و خواص جابه‌جاکنندگی بالا ترغیب شدند. تزریق گاز دی‌اکسید کربن باعث افزایش حجم نفت، کاهش لزجت و در نتیجه توسعه و بهبود جابه‌جایی امتزاجی می‌شود [۴-۵]. با این وجود تزریق دی‌اکسید کربن می‌تواند باعث تشکیل رسوب ترکیبات آلی شود که نتیجه آن بسته شدن چاه نفت و مسدود شدن تجهیزات تولید است به طوری که در بسیاری از حوزه‌های نفتی دنیا پدیده رسوب‌گذاری در چاه نفت، در اثر تزریق دی‌اکسید کربن گزارش شده است. بنابراین بررسی تزریق گاز دی‌اکسید کربن به نفت و اثر آن بر خواص ترمودینامیکی نفت، به منظور پیشگیری از تشکیل رسوبات آلی که آسفالتین

1. Separator

2. Slim Tube

3. Minimum Miscibility Pressure (M.M.P)

روش انجام کار

در این پژوهش چهار سناریو برای بررسی تشکیل رسوب آسفالتین در شرایط تزریق گاز دی‌اکسیدکربن به نفت داخل بستر شن فشرده^۱، و نگهدارنده شن فشرده با مشخصات جدول ۱ به شرح زیر اجرا شده‌اند:

۱- بررسی اثر زمان ماند گاز دی‌اکسیدکربن در تشکیل رسوب آسفالتین در نگهدارنده بستر شن فشرده، بر روی نمونه نفتی سازند آسماری، مطابق جدول ۲، مخزن اهواز، مطابق جدول ۳، که شامل ۷ آزمایش در زمان‌های ماند ۹۰ و ۶۰، ۳۰، ۷، ۱۴، ۷، ۳، ۰ روز و در دما و فشار ثابت 70°C و 3200 psi مقدار گاز دی‌اکسیدکربن تزریقی به نگهدارنده بستر شنی فشرده $3/38\%$ مولی می‌باشد.

۲- بررسی اثر زمان ماند مخلوط نفت و گاز دی‌اکسید کربن در تشکیل رسوب آسفالتین در نگهدارنده شن فشرده، بر روی نمونه نفتی سازند آسماری، مخزن اهواز که شامل ۷ آزمایش در زمان‌های ماند ۹۰ و ۶۰، ۳۰، ۷، ۱۴، ۳، ۰ روز و در دما و فشار ثابت 70°C و 3500 psi مقدار گاز دی‌اکسید کربن تزریقی به نگهدارنده شن فشرده $5/4\%$ مولی می‌باشد.

۳- بررسی اثر زمان ماند مخلوط نفت و گاز دی‌اکسید کربن در تشکیل رسوب آسفالتین در نگهدارنده شن فشرده، بر روی نمونه نفتی سازند پایدار شرق، مطابق جدول‌های ۴ و ۵، که شامل ۵ آزمایش در زمان ماندهای ۳۰ و ۱۴، ۷، ۳، ۰ روز و در دما و فشار ثابت 70°C و 3200 psi مقدار گاز دی‌اکسیدکربن تزریقی به نگهدارنده شن فشرده $3/38\%$ مولی می‌باشد.

۴- بررسی اثر زمان ماند مخلوط نفت و گاز دی‌اکسید کربن در تشکیل رسوب آسفالتین در نگهدارنده شن فشرده، بر روی نمونه نفتی سازند آسماری، مخزن اهواز که شامل ۵ آزمایش در زمان ماند های ۳۰ و ۱۴، ۷، ۳، ۰ روز و در دما و فشار ثابت 20°C و 3200 psi مقدار گاز دی‌اکسیدکربن تزریقی به نگهدارنده بستر شنی فشرده $3/38\%$ مولی می‌باشد. در هر چهار سناریو مطابق شکل ۱ دبی تزریق دی‌اکسیدکربن چه برای زمان ماند آن در شن فشرده و چه جهت تولید نفت از نگهدارنده بستر شنی فشرده پس از گذراندن زمان ماند معین $0/25\text{ mL/min}$ بوده است که توسط پمپ تزریق انجام شده است.

جدول ۱ ابعاد شن فشرده و نگهدارنده.

مشخصه	شن فشرده	نگهدارنده
قطر	۵ cm	۱۰ cm
ارتفاع	۱۶ cm	۲۶/۷ cm
سطح مقطع	20 cm^2	80 cm^2

جدول ۲ خواص نفت خام مرده مخزن آسماری.

مقدار	مشخصه
۲۷۲۵	فشار مخزن psi
۲۱۸/۳۵	وزن مولکولی نفت بدون گاز g/mol
۰/۸۸۲۸	دانسیته نفت بدون گاز مخزن آسماری اهواز در دمای 60°C (g/mL)

جدول ۳ آنالیز نفت خام مرده و زنده مخزن اهواز.

شماره	فرمول شیمیایی	نفت خام زنده (%mol)	نفت خام مرده (%mol)	وزن مولکولی
۱	N ₂	۰/۱۳۷	۰	۳۴
۲	C ₁	۵۰/۳۱۳	۰	۲۸
۳	CO ₂	۰/۲۸۹	۰	۴۴
۴	C ₂	۸/۳۱۲	۰	۱۸
۵	C ₃	۴/۸۹۳	۰/۳۶۹	۴۴/۰۹۶
۶	iC ₄	۰/۹۸۲	۰/۶۸۹	۵۸/۱۲۳
۷	nC ₄	۲/۱۱۶	۱/۵۴۱	۵۸/۱۲۳
۸	iC ₅	۱/۱۹۱	۲/۱۶۷	۷۲/۱۵
۹	nC ₅	۱/۵۷۹	۲/۹۲۳	۷۲/۱۵
۱۰	C ₆	۲/۷۷۹	۶/۴۴۲	۸۴
۱۱	C ₇	۲/۹۹۹	۹/۴۰۳	۹۶
۱۲	C ₈	۳/۷۲۸	۱۱/۶۹۴	۱۰۷
۱۳	C ₉	۳/۳۷۷	۱۰/۵۸۹	۱۲۱
۱۴	C ₁₀	۱/۸۵۵	۵/۸۱۵	۱۳۴
۱۵	C ₁₁	۱/۴۵۱	۴/۵۴۹	۱۴۷
۱۶	C ₁₂	۰/۹۴۵	۲/۹۶۲	۱۶۱
۱۷	C ₁₃	۰/۹۶۱	۳/۰۱۳	۱۷۵
۱۸	C ₁₄	۰/۶۹۱	۲/۱۶۸	۱۹۰
۱۹	C ₁₅	۰/۴۸۹	۱/۵۳۴	۲۰۶
۲۰	C ₁₆	۰/۳۰۶	۰/۹۵۹	۲۲۲
۲۱	C ₁₇	۰/۱۵۲	۰/۴۷۷	۲۳۷
۲۲	C ₁₈	۰/۰۸۸	۰/۲۷۵	۲۵۱
۲۳	C ₁₉	۰/۰۴۵	۰/۱۳۹	۲۶۳
۲۴	C ₂₀	۰/۰۳۴	۰/۱۰۶	۲۸۲
۲۵	C ₂₁₊	۱۰/۲۸۸	۳۲/۲۵۷	۴۲۵

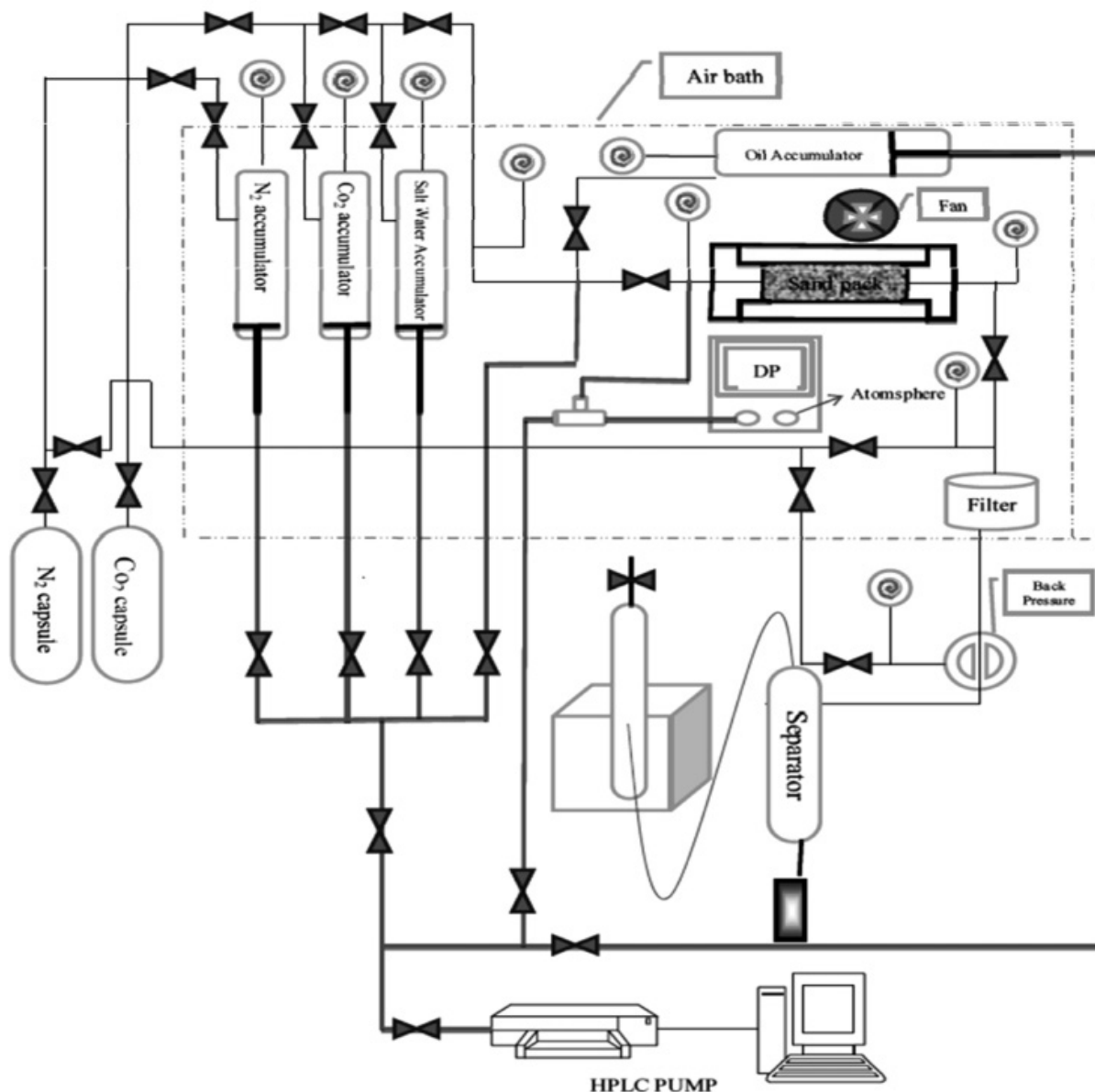
جدول ۴ خواص نفت خام مرده مخزن پایدار شرق.

مقدار	مشخصه
۴۰۰۰	فشار مخزن psi
۴۶۵	وزن مولکولی نفت بدون گاز (g/gmol)
۰/۹۲۹	دانسیته نفت بدون گاز مخزن آسماری اهواز در دمای ۶۰ °C (g/mL)

جدول ۵ آنالیز نفت خام مرده مخزن پایدار شرق.

شماره	فرمول شیمیایی	نفت خام مرده (%mol)	وزن مولکولی
۱	H ₂ S	۰	
۲	N ₂	۰	
۳	CO ₂	۰	
۴	C ₁	۰	
۵	C ₂	۰/۲۷	۳۰/۰۷
۶	C ₃	۰/۹۶	۴۴/۰۹۶
۷	iC ₄	۰/۸۲	۵۸/۱۲۳
۸	nC ₄	۱/۴۶	۵۸/۱۲۳
۹	iC ₅	۱/۲۹	۷۲/۱۵
۱۰	nC ₅	۱/۱۴	۷۲/۱۵
*۱۱	C ₆	۹/۴۴	۸۴
*۱۲	C ₇	۵/۷۹	۹۶
*۱۳	C ₈	۵/۵۲	۱۰۷
*۱۴	C ₉	۴/۶۹	۱۲۱
*۱۵	C ₁₀	۶/۰۶	۱۳۴
*۱۶	C ₁₁	۴/۰۸	۱۴۷
*۱۷	C ₁₂₊	۵۸/۴۸	۳۸۰

* وزن مولکولی توسط C₆ با ساختارهای گوناگون



شکل ۱ شماتیک کلی دستگاه‌های آزمایش.

از طریق سنجش اختلاف فشار دو سر نگهدارنده در دبی‌های مختلف، از قانون دارسی میزان نفوذپذیری شن فشرده داخل نگهدارنده را بدست می‌آوریم. در ادامه برای نزدیک شدن به شرایط مخزن آن را با محلول نمک طعام با غلظت 250 g/L که حکم آب سازند را دارد، اشباع می‌نماییم. مرحله بعدی مرحله اشباع با نفت مخزن آسماری با استفاده از پمپ تزریق و انباشتگر نفت است. در این مرحله خروجی نگهدارنده را بسته و با ادامه تزریق نفت فشار آن را به 3000 psi می‌رسانیم.

به‌طور کلی روند انجام آزمایشات به شرح قرار است: آماده‌سازی نگهدارنده بستر شنی فشرده شامل؛ کوبیدن شن فشرده داخل آن، بستن پیچ‌های مربوط به دریچه‌های ورودی و خروجی، بستن اتصالاتی مانند شیرها و لوله‌های ورودی و خروجی و در نهایت جای‌گذاری آن روی چهارپایه محافظ نگهدارنده است. با اشباع کردن نگهدارنده توسط پمپ تزریق از دو طریق وزنی و حجمی میزان تخلخل شن فشرده داخل آن را محاسبه می‌نماییم. سپس

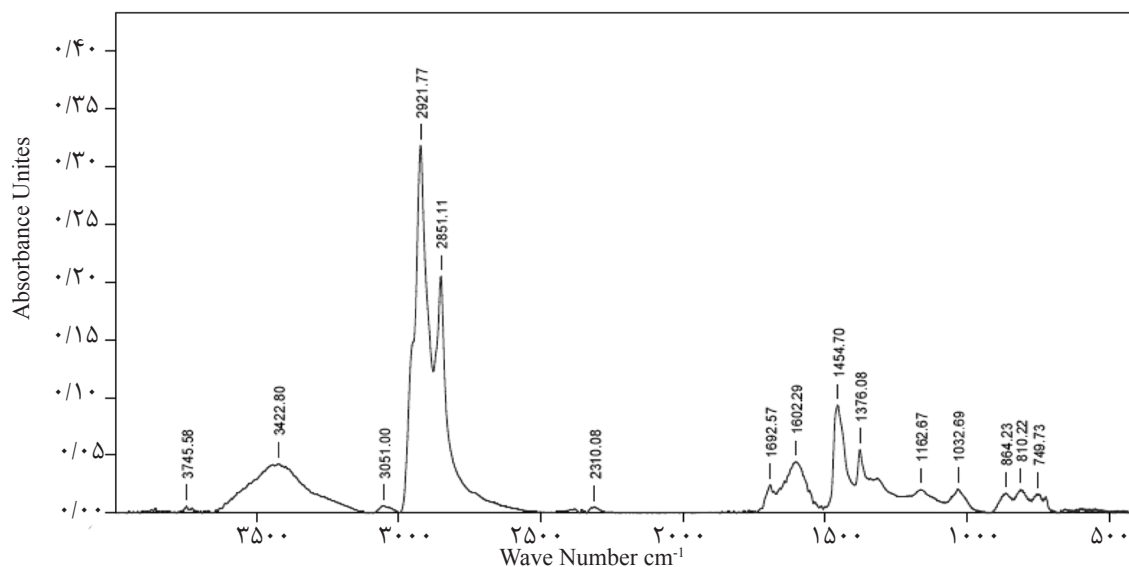
از وجود گروه عاملی کلروها Cl-C می‌باشد. وجود نوارهای متوسط جذب، در محدوده ۸۸۵ تا cm^{-1} ۱۰۹۰، نشان از وجود گروه‌های عاملی PH و PH_2 و وجود باند جذب ضعیف، در cm^{-1} ۲۵۵۰ و چندین نوار جذب قوی در ۷۵۰ تا cm^{-1} ۱۰۰۰، به ترتیب حاکی از حضور پیوندهای SH و O-S کششی بوده و از طرفی وجود نوار جذبی قوی در محدوده ۱۵۰۰ تا cm^{-1} ۱۶۱۰ وجود پیوندهای خمشی H-N را تایید می‌نماید که در کل می‌توان گفت انطباق مطلوب و قابل قبولی با عناصر تشکیل‌دهنده رسوب آسفالتین دارد. باتوجه به نتایج و تحلیل بالا می‌توان استنتاج نمود که رسوب موجود بر روی کاغذ صافی آسفالتین است. شکل‌های ۸-۵ نشان‌دهنده میزان رسوب آسفالتین تشکیل شده برحسب گاز دی‌اکسیدکربن تزریقی می‌باشد. این شکل‌ها نشان می‌دهند در زمان‌های ابتدایی تزریق، شیب منحنی‌ها زیاد بوده و آسفالتین بیشتری تشکیل می‌گردد. سایر نتایج به‌دست آمده از قبیل درصد تخلخل و نفوذپذیری در جدول‌های ۱۰-۷ ارائه شده است. همان‌گونه که از این جدول‌ها مشخص است در سناریوی اول با افزایش زمان ماند مانند میزان رسوب آسفالتین بر روی کاغذ صافی افزایش می‌یابد ولی مقدار متوسط رسوبی که در هر روز تشکیل می‌شود به تدریج کاهش می‌یابد. سناریوی دوم مشابه سناریوی اول است، با این تفاوت که درصد مولی گاز تزریقی را از ۳۸/۳ به ۵۴ و به همان نسبت فشار آزمایشات را از ۳۲۰۰ به ۳۵۰۰ psi رسانده‌ایم. در این سناریو نیز مانند سناریوی اول میزان رسوب با افزایش زمان ماند افزایش یافته و مقدار متوسط رسوبی که در هر روز تشکیل می‌شود به تدریج کاهش یافته و افزایش فشار نیز تاثیری بر این روند نداشته است. ولی مقدار اولیه رسوب، در آزمایش با زمان ماند صفر، و همچنین میزان تغییرات مقدار رسوب در هر بازه زمانی نسبت به سناریوی اول از میزان بیشتری برخوردار است.

همین مرحله را این بار برای تزریق گاز دی‌اکسیدکربن ولی از فشار ۳۰۰۰ تا ۳۲۰۰ psi تکرار می‌کنیم (درصد مولی دی‌اکسیدکربن تزریقی ۳۸/۳٪). با این عمل به گاز تزریق شده داخل نگهدارنده، این فرصت را می‌دهیم تا در مدت زمان معین با نفت داخل نگهدارنده تماس داشته و به حالتی از امتزاج‌پذیری نسبی برسد. پس از سپری شدن مدت زمان لازم، شروع به تزریق گاز دی‌اکسیدکربن جهت تولید نفت از نگهدارنده در دما و فشار ثابت می‌نماییم. شیر فشار شکن ۳۲۰۰ psi وظیفه ثابت نگه داشتن فشار، و حمام ترموستاتیک وظیفه ثابت نگه داشتن دما 70°C را بر عهده دارند. نفت پس از خروج از انباشتگر وارد فیلتر شده و با برجای گذاشتن رسوبات خود روی کاغذ صافی تعبیه شده در دو طرف فیلتر از شیر فشار شکن خارج می‌شود. پس از اتمام تولید کاغذ صافی را از فیلتر خارج نموده و در آون^۱ خشک می‌کنیم و با توزین آن و مقایسه‌اش با وزن کاغذ صافی قبل از تست مقدار رسوب تشکیل شده را به‌دست می‌آید. با تکرار این روند در زمان‌های ماند مختلف و مقایسه میزان رسوب بر روی کاغذ صافی در هر تست به تاثیر زمان ماند پی می‌بریم. برای بررسی تاثیر دما، فشار و همچنین نوع نفت روی زمان ماند، سایر سناریوها را نیز مطابق روش آزمایش ذکر شده دنبال می‌کنیم.

نتایج و بحث

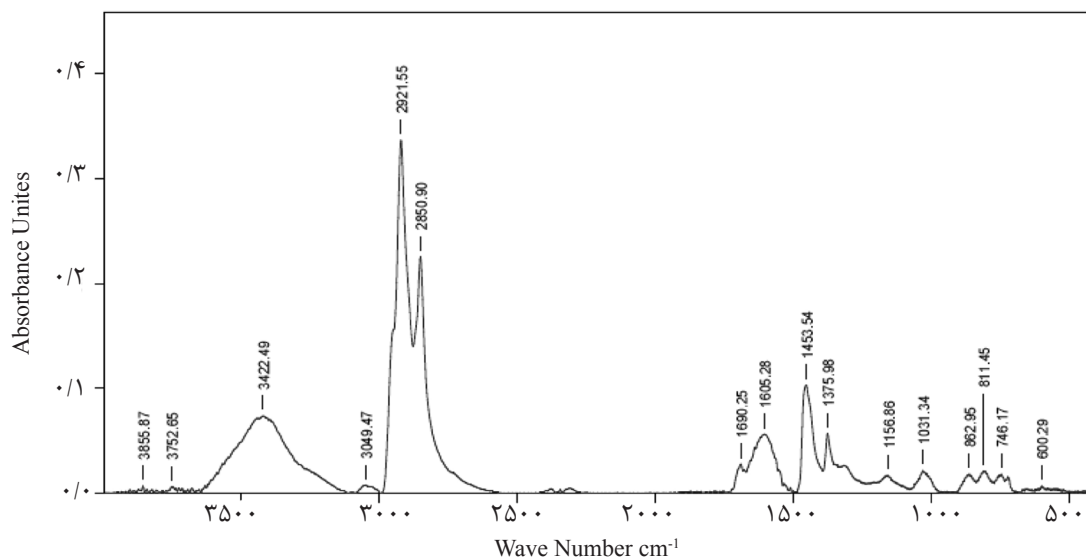
شکل‌های ۲-۴ به ترتیب تصاویر FTIR از کاغذ صافی‌های مربوط به زمان‌های ماند ۶۰ و ۳۰ و ۰ روز را نشان می‌دهد. علاوه بر وجود گروه‌های مربوط به آلکان‌ها، آلکن‌ها، و آلکین‌ها، وجود دو جذب کوچک و بزرگ در محدوده ۱۶۶۷ تا cm^{-1} ۲۰۰۰ وجود حلقه‌های بنزنی چند استخلافی را نشان می‌دهد. علاوه بر این وجود عناصری از جمله، کلسیم، گوگرد، فسفر، نیتروژن و اکسیژن در برخی گروه‌های عاملی قابل استنتاج می‌باشد. وجود باند قوی جذب مطابق جدول ۶ در حوالی cm^{-1} ۷۸۵ نشان

1. Oven



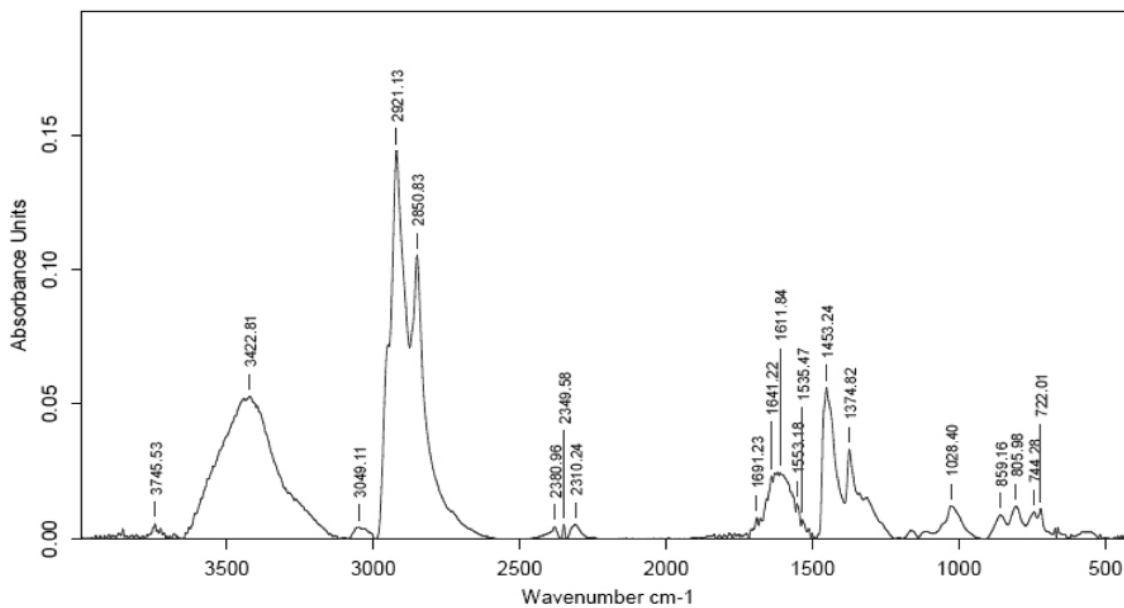
Sample Name: 1	Sample Form: Pellet	Operator Name: Reza Ali
Start Freq. For File: 4000	End Freq. For File: 400	Instrument Type: TENSOR 27

شکل ۲ آنالیز جذب اشعه مادون قرمز از کاغذ صافی مربوط به زمان ماند صفر روز.



Sample Name: 2	Sample Form: Pellet	Operator Name: Reza Ali
Start Freq. For File: 4000	End Freq. For File: 400	Instrument Type: TENSOR 27

شکل ۳ آنالیز جذب اشعه مادون قرمز از کاغذ صافی مربوط به زمان ماند ۳۰ روز.

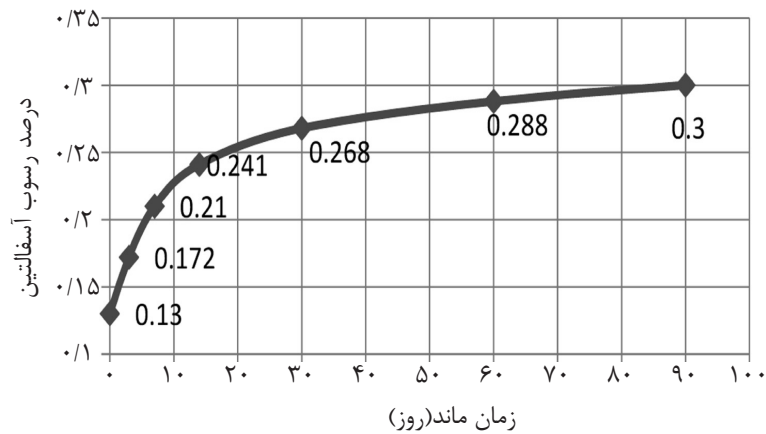


Sample Name: 3	Sample Form: Pellet	Operator Name: Reza Ali
Start Freq. For File: 4000	End Freq. For File: 400	Instrument Type: TENSOR 27

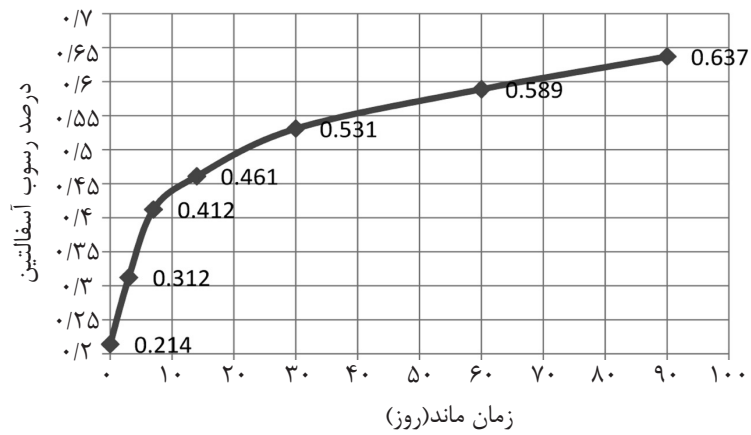
شکل ۴ آنالیز جذب اشعه ی مادون قرمز از کاغذ صافی مربوط به زمان ماند ۶۰ روز.

جدول ۶ فرکانس جذب برخی گروه های عاملی.

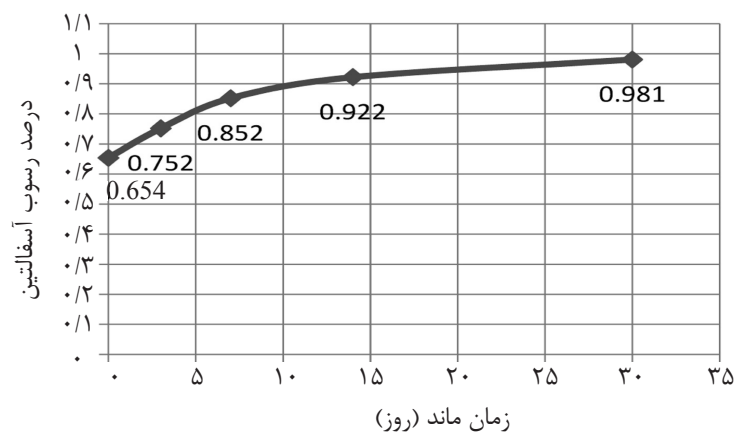
شدت	فرکانس	نوع ارتعاش	گروه عاملی
قوی	۲۸۵۰-۳۰۰۰	آلکان	C-C
متوسط	۱۳۷۵ و ۱۴۵۰	(خمشی)	
متوسط	۱۴۶۵	(خمشی)	
قوی	۳۰۵۰-۳۱۵۰	آروماتیک	
متوسط	۳۰۰۰-۳۱۰۰	آلکنها	
قوی	تقریباً ۳۳۰۰	آلکینها	
متوسط - ضعیف	۱۶۰۰-۱۶۸۰	آلکن	C-C
ضعیف	۲۵۵۰	مرکابتانها	C-C
متوسط	۳۱۰۰-۳۵۰۰	آمینهای نوع اول ودوم	C-C
متوسط	۳۶۰۰-۳۶۵۰	آزاد با پیوند هیدروژنی	C-C
متوسط	۳۲۰۰-۳۵۰۰		



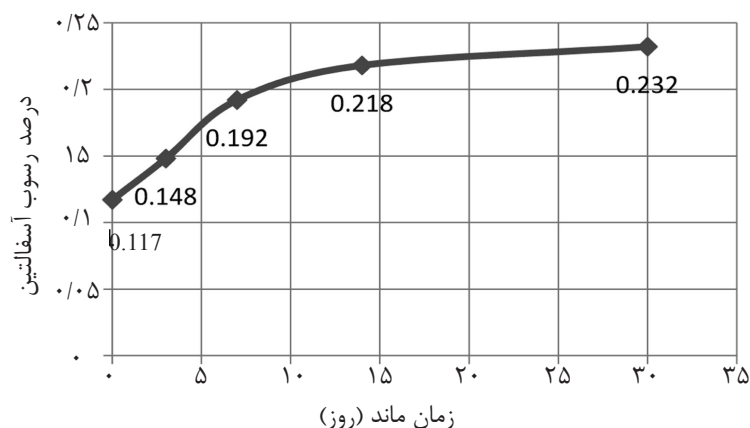
شکل ۵ درصد رسوب آسفالتین بر حسب زمان ماند (سناریوی اول).



شکل ۶ درصد رسوب آسفالتین بر حسب زمان ماند (سناریوی دوم).



شکل ۷ درصد رسوب آسفالتین بر حسب زمان ماند (سناریوی سوم).



شکل ۸ درصد رسوب آسفالتین بر حسب زمان ماند (سناریوی چهارم).

جدول ۷ درصد رسوب آسفالتین بر حسب زمان ماند (سناریوی اول) دما °C ۷۰ و فشار psi ۳۲۰۰.

شماره آزمایش	زمان ماند (روز)	درصد وزنی رسوب آسفالتین	درصد تخلخل	نفوذپذیری قبل از آزمایش (md)	درصد مولی CO ₂ تزریقی
۱	۰	۰/۱۳	۳۰	۲۰۰	۳۸/۳
۲	۳	۰/۱۷۲	۲۷	۲۱۵	۳۸/۳
۳	۷	۰/۲۱	۲۹	۲۱۰	۳۸/۳
۴	۱۴	۰/۲۴۱	۳۰	۲۰۰	۳۸/۳
۵	۳۰	۰/۲۶۸	۲۸	۲۱۵	۳۸/۳
۶	۶۰	۰/۰۲۸۸	۳۰	۲۰۰	۳۸/۳
۷	۹۰	۰/۳۰	۲۶	۲۰۰	۳۸/۳

جدول ۸ درصد رسوب آسفالتین بر حسب زمان ماند (سناریوی دوم) دما °C ۷۰ و فشار psi ۳۵۰۰.

شماره آزمایش	زمان ماند (روز)	درصد وزنی رسوب سفالتین	درصد تخلخل	نفوذپذیری قبل از آزمایش (md)	درصد مولی CO ₂ تزریقی
۸	۰	۰/۲۱۴	۲۷	۲۱۵	۵۴
۹	۳	۰/۳۱۲	۳۰	۲۰۰	۵۴
۱۰	۷	۰/۴۱۲	۲۶	۲۰۰	۵۴
۱۱	۱۴	۰/۴۶۱	۲۸	۲۱۰	۵۴
۱۲	۳۰	۰/۵۳۱	۲۷	۲۰۰	۵۴
۱۳	۶۰	۰/۵۸۹	۳۰	۲۰۰	۵۴
۱۴	۹۰	۰/۶۳۷	۳۰	۲۱۵	۵۴

جدول ۹ درصد رسوب آسفالتین برحسب زمان ماند(سناریوی سوم) دما °C ۷۰ و فشار ۳۲۰۰ psi.

شماره آزمایش	زمان ماند(روز)	درصد وزنی رسوب آسفالتین	درصد تخلخل	نفوذپذیری قبل از آزمایش (md)	درصد مولی CO ₂ تزریقی
۱۵	۰	۰/۶۵۴	۲۷	۲۰۰	۳۸/۳
۱۶	۳	۰/۷۵۲	۳۰	۲۱۰	۳۸/۳
۱۷	۷	۰/۸۵۲	۲۶	۲۰۰	۳۸/۳
۱۸	۱۴	۰/۹۲۲	۲۸	۲۱۵	۳۸/۳
۱۹	۳۰	۰/۹۸۱	۳۰	۲۰۰	۳۸/۳

جدول ۱۰ درصد رسوب آسفالتین برحسب زمان ماند(سناریوی چهارم) دما °C ۲۰ و فشار ۳۲۰۰ psi.

شماره آزمایش	زمان ماند(روز)	درصد وزنی رسوب آسفالتین	درصد تخلخل	نفوذپذیری قبل از آزمایش (md)	درصد مولی CO ₂ تزریقی
۲۰	۰	۰/۱۱۷	۲۷	۲۰۰	۳۸/۳
۲۱	۳	۰/۱۴۸	۳۰	۲۱۰	۳۸/۳
۲۲	۷	۰/۱۹۲	۲۶	۲۰۰	۳۸/۳
۲۳	۱۴	۰/۲۱۸	۲۸	۲۱۵	۳۸/۳
۲۴	۳۰	۰/۲۳۲	۳۰	۲۰۰	۳۸/۳

افزایش زمان ماند است به طوری که هرچه زمان مجاورت نفت و گاز درون نگهدارنده افزایش یافته است میزان رسوب حاصل از بازیافت نفت نیز روی کاغذ صافی افزایش یافته است ولی با این وجود شیب نمودار درصد وزنی رسوب آسفالتین برحسب زمان ماند، روند کاهشی دارد که این مسئله گویای این است که مقدار متوسط رسوبی که در هر روز تشکیل می شود به تدریج کاهش می یابد. بیشترین تغییر در تشکیل مقدار رسوب را در زمان های ماند کمتر شاهد هستیم و تغییرات دما و فشار و نوع نفت مورد آزمایش، ترکیب درصد نفت مورد آزمایش، این روند را تحت تاثیر خود قرار نمی دهد. نکته مهم این که تغییر فشار بیشترین تاثیر و تغییر دما کمترین تاثیر را بر تشکیل آسفالتین در نمونه ها داشته است.

در سناریوی سوم نیز همانند دو سناریوی قبلی میزان رسوب با افزایش زمان ماند افزایش یافته و مقدار متوسط رسوبی که در هر روز تشکیل می شود به تدریج کاهش می یابد و تغییر نمونه نفتی نیز تاثیری بر این روند نداشته ولی مقدار اولیه رسوب و همچنین مقدار رسوب در هر بازه زمانی نسبت به سناریوی اول از اختلاف فاحشی برخوردار است. در سناریوی چهارم نیز میزان رسوب با افزایش زمان ماند افزایش یافته و مقدار متوسط رسوبی که در هر روز تشکیل می شود به تدریج کاهش می یابد و کاهش دما نیز تاثیری بر این روند نداشته ولی مقدار اولیه رسوب و همچنین میزان تغییرات مقدار رسوب در هر بازه زمانی نسبت به سناریوی اول از میزان کمتری برخوردار است.

نتیجه گیری

نتایج حاکی از افزایش میزان ذرات آسفالتین با

مراجع

- [1]. Dubey S. T. and Waxman M. H., "Asphaltene adsorption and desorption from mineral surfaces", SPE Reservoir Engineering, Vol. 6, Issue 03, pp. 389– 395, 1995.
- [2]. Akbarzadeh K., Alboudwarej H., Svrcek W. and Yarranton H. W., "A generalized regular solution model for asphaltene precipitation from n-alkane diluted heavy oils and bitumen", Fluid Phase Equilibria, No. 232, pp.159–170, 2012.
- [3]. Andersen S. I., "Hysteresis in precipitation and dissolution of petroleum asphaltenes", Fuel Sci. Technol. Intl. (2010), 10, 1743 – 2008.
- [4]. Escobedo J. and Mansoori G. A., "Viscometric principles of onsets of colloidal asphaltene flocculation in paraffinic oils and asphaltene micellization in aromatics", Vol. 12, Issue 02, SPE Prod. Facil, pp. 116– 122, 2005.
- [5]. Boussingault J. B., Andersen S. I. and Lira-Galeana C., "Comparisons between asphaltenes from the dead and live-oil samples of the same crude oils", Pet. Sci. Technol. No. 21, pp. 1017-1041, 2009.
- [6]. Buckley J. S., "Predicting the onset of asphaltene precipitation from refractive index measurements", Energy & Fuel. No. Vol. 13, No. 2, pp. 328 – 332, 2010.
- [7]. Andersen S. I. and Speight J. G., "Petroleum resins: separation, character, and role in petroleum", Pet. Sci. Technol. No. 19, pp. 1 – 34, 2009.
- [8]. Fuhr B. J., Cathrea L., Coates K. H. and Majeed A. I., "Properties of asphaltenes from a waxy crude", Fuel, No. 70, pp. 1293– 1301, 1991.