Archive of SID

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

مطالعه آزمایشگاهی تشکیل رسوب آسفالتین در اثر افت فشار بر روی یکی از نمونه های نفتی ایران به منظور انتخاب بازدارنده مناسب

کریم حمید[۱] و سجاد ربانی فرد[۲]

[۱]کارشناس ارشد مطالعات مخازن، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب hamid.k@nisoc.ir
[۲]مهندس مطالعات مخازن، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب ایمیلRabbanifard.s@nisoc.ir
اهواز، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، مهندسی نفت، اداره مطالعات مخازن-

www.SID.ir

Archive of SID

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

چکیده

از آنجا که اکثر مخازن ایران تحت انرژی طبیعی مخزن تولید می کنند، این امکان وجود دارد که با کاهش فشار و تغییر ترکیب سیال مخزن، آسفالتین رسوب کند و باعث ایجاد مشکلات تولیدی و اقتصادی مخزن نفتی شود. در این تحقیق اثر تزریق ۵ بازدارنده رسوب آسفالتین در شرایط اتمسفریک بررسی و عملکرد موثرترین بازدارنده در آزمایش های کاهش فشار مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا شرایط تشکیل رسوب آسفالتین در اثر کاهش فشار روی یکی از نمونه های مخازن نفتی جنوب ایران، با بازدارنده و بدون بازدارنده در دو دمای ثابت انجام شد. نتایج به دست آمده نشان می دهد که از بین این ۵ بازدارنده، اسید سالیسیلیک در شرایط اتمسفریک بهترین عملکرد را بر میزان کاهش رسوب آسفالتین دارد. در دمای 190/4 ^{o}F، با کاهش فشار کارایی اسید سالیسیلیک در ممانعت از رسوب کردن آسفالتین افزایش می یابد در دمای مخزن نیز (241/7 ^{o}F)کارایی اسید سالیسیلیک در فشار اشباع بیشترین بازدارندگی را داشته و با تغییر فشار این کارایی کاهش می یابد.

کلمات کلیدی: رسوب آسفالتین، افت فشار، دما، عملکرد بازدارنده ها

مقدمه

www.SID.ir

Archive of SID

پدیده رسوب آسفالتین[1] در مخازن نفتی در مرحله تولید اولیه یا در روشهای ازدیاد برداشت نفت یک مسئله پیچیده و مخرب است که برخی میادین نفتی در دنیا با آن مواجه هستند. آسفالتین می‌تواند در طی برداشت اولیه از مخزن رسوب کرده و باعث آسیب مخزن شود. از جمله پارامترهای مهم و تاثیرگذار بر رسوب آسفالتین عبارتند از: دما، فشار و ترکیب که در زیر به طور مختصر توضیح داده شده است.

اثردما: بعضی نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهد که با افزایش دما رسوب آسفالتین بیشتری ایجاد می شود و نتایج بخشی دیگر از تحقیقات حاکی از کاهش میزان رسوب با افزایش دما می‌شود که این پدیده بدلیل پیچیدگی ساختار آسفالتین ها می باشد [1].

اثر فشار: Hirschberg و همکاران با استفاده از مدل ترمودینامیکی و انجام برخی آزمایشات دریافتند که با کاهش فشار تا فشار اشباع، میزان رسوب آسفالتین افزایش می‌یابد، تا اینکه در فشار اشباع بیشترین مقدار رسوب، و با کاهش فشار به زیر فشار اشباع آسفالتین دوباره در نفت حل شده و میزان رسوب کاهش می یابد [1, 2] .

اثر ترکیب: Peramanu و همکاران در تحقیقی، به این نتیجه رسیدند که با افزایش تعداد کربن در آلکانهای نرمال رسوب آسفالتین افزایش، و پس از عبور از یک مقدار ماکزیمم که در nC_{10} است، کاهش می‌یابد [3].

با توجه به مسایل و مشکلات متعددی که رسوب آسفالتین در مخازن، چاهها و تاسیسات بهره برداری نفتی ایجاد می‌نمایند، انتخاب روش و راهکار مناسب برای مقابله وکنترل از رسوب آن‌ها دارای اهمیت است. یکی از روش‌های جلوگیری از رسوب استفاده از بازدارنده‌ها است، که در ادامه به بررسی این روش بر مبنای نتایج تحقیقات پرداخته شده است. البته کنترل و تثبیت شرایط ترمودینامیکی مناسب در مخزن از جمله دما، فشار و تغییر ترکیبات نفت نیز می‌تواند در جهت پایدار کردن آسفالتین و در نتیجه عدم رسوب آن کمک نمایند که از دیدگاه کاربردی، فنی و اقتصادی با محدودیت‌هایی همراه است.

Al-Sahhaf و همکاران در تحقیقاتی به بررسی استفاده از رزین و چند سورفکتانت جهت جلوگیری از رسوب آسفالتین در هنگام اضافه کردن نرمال هپتان پرداختند[4].

Peramanu و همکارانش مهمترین عامل انتخاب بازدارنده های شیمیایی را خواص و مشخصات شیمیایی آسفالتین و رزین موجود در نفت اعلام نمودند [5].

[1]Asphaltene Precipitation

۱- خواص نفت مخزن

سیال مورد آزمایش مربوط به یکی از مخازن نفتی جنوب ایران است که - آزمایشات افت فشار و تزریق بازدارنده بر روی آن انجام می‌گیرد. خصوصیات این نفت در جدول 1 به تفضیل آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول1- خلاصه‌ای از خصوصیات PVT نفت

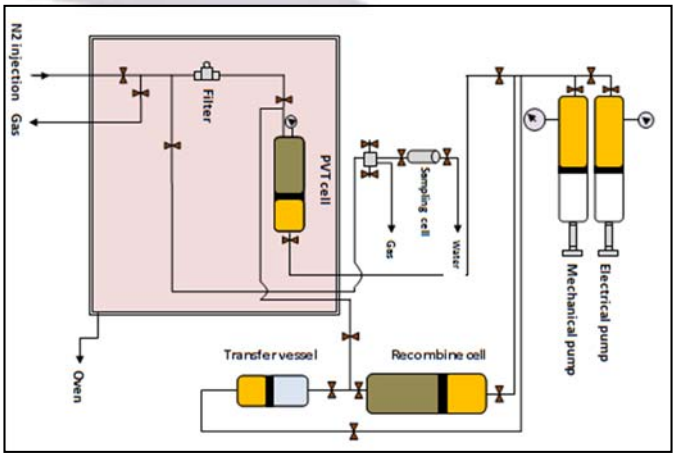
فشار اولیه مخزن(psia)	5750
فشار اشباع در دمای مخزن (psia)	3904
دمای مخزن(°F)	241/7
نسبت گاز به نفت میدان(ft^3/bbl)	1095
دانسیته نفت در فشار اشباع(Ibm/ft^3)	41/8
دانسیته نفت در فشار مخزن(Ibm/ft^3)	43
API نفت	29/5
چگالی ویژه نفت	0/88
ضریب حجمی نفت در فشار مخزن	1/647
ضریب تراکم پذیری نفت(1/psia)	0/1368E-4

۲-شرح آزمایش

به منظور مطالعه رفتار نفت خام در شرایط مخزن دستگاه خاصی طراحی شده است که این دستگاه قادر به فراهم آوردن شرایط مخزن (دما و فشار) است، همچنین دارای وسیله‌ای برای بررسی دقیق رسوب آسفالتین می‌باشد.

۲-۱-شرح مختصر دستگاه چگونگی اندازه گیری و شماتیک آن

بمنظور مطالعه رفتار نفت خام در شرایط مخزن دستگاه خاصی طراحی شده است که قادر به فراهم آوردن شرایط مخزن (دما و فشار) است، همچنین دارای وسیله ای برای بررسی دقیق رسوب آسفالتین می باشد. شماتیک این دستگاه در شکل۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- شماتیک دستگاه فشار بالا-دما بالا

www.SID.ir

Archive of SID

دستگاه فشار بالا- دما بالا شامل یک سلول PVT ، یک محفظه هوا با قابلیت فراهم آوردن دما تا بالای ۳۰۰°F و فشار حدود ۶۰۰۰ psig ، مخزن انتقال دهنده سیال، فیلتر فشار بالا دما بالا، و همچنین یک تکان دهنده ی سلول PVT بمنظور رسیدن به حالت پایداری در هر زمان، می باشد.

برای انجام تست های کاهش فشار ابتدا ۳۰۰ cc از نفت زنده ساخته شده در Recombine Cell، توسط پمپ به سلول PVT منتقل کرده و فشار مشخص روی آن اعمال می‌شود، دمای مورد نظر توسط Oven تامین می شود. بعد از چند ساعت که نمونه به حالت پایدار در آمد، از محل نمونه‌گیری مقداری نمونه گرفته (باید توجه داشت که در زمان نمونه گیری ذرات آسفالتین رسوب شده نمی تواند از فیلتر فشار بالا-دما بالا عبور کند) و میزان آسفالین آن توسط تست استاندارد IP-143 تعیین می شود. در بازه‌های فشاری مختلف این پروسه تکرار می گردد.

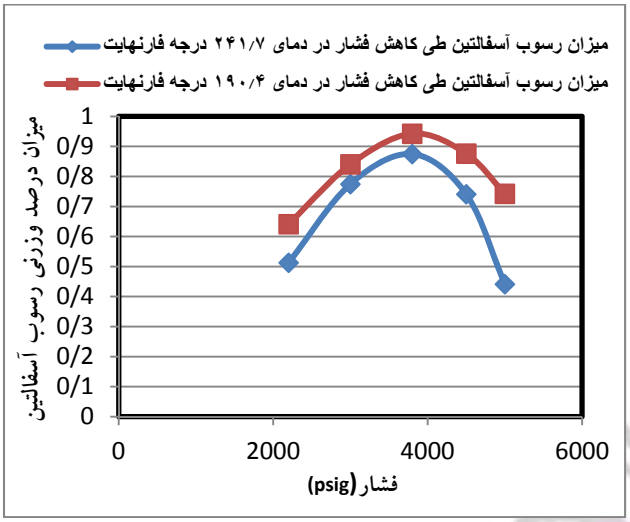
۲-۲- آزمایشات کاهش فشار در شرایط مخزن

هدف از این آزمایش بررسی رفتار سیال مخزن از نظر رسوب آسفالتین در شرایط کاهش فشار و در دو دما (شامل دمای مخزن) می باشد. مجموعا در ۵ نقطه این رفتا مورد بررسی قرار گرفت که شامل دو نقطه در بالای فشار اشباع و دو نقطه پایین آن و یک نقطه حوالی فشار اشباع می باشند.

(۵۰۰۰ psig ، ۴۵۰۰ psig، ۳۸۰۰ psig ، ۳۰۰۰ psig ، ۲۲۰۰ psig، که فشار اشباع واقعی 3889 psig می باشد). نتایج بدست آمده از این آزمایش کاهش فشار برای دو دمای 241/7 oF و 190/4 oF در شکل۲ آورده شده است که علت انتخاب دمای ۱۹۰/۴ oF بر اساس نظر شرکت بوده تا اثر کاهش دما (در چاه و لوله های سرچاهی) در نظر گرفته شود. این نمودار نشان می دهد که در اثر افت فشار تا فشار حباب میزان رسوب آسفالیتن بیشتر شده و با کاهش فشار به زیر فشار حباب، آسفالتین مجددا بحالت محلول در آمده و میزان رسوب کمتر می گردد. - همچنین میزان رسوب در دمای پایین تر بیشتر است که با نتایج بدست آمده از آزمایشات Neighm (که در دستگاه فشار بالا-دما بالا انجام داده است) تطابق دارد [3].

www.SID.ir

Archive of SID



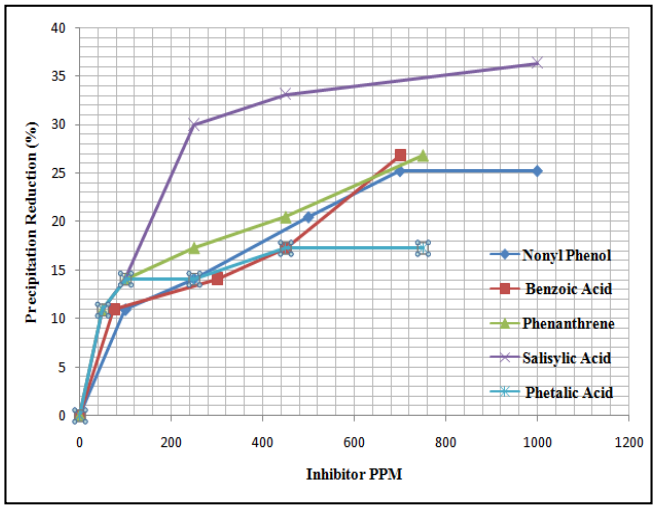
شکل ۲- مقایسه نمودار درصد میزان رسوب آسفالتین بر حسب فشار در دو دمای 241/7 °F و 190/4 °F

۲-۳- بازدارنده‌های بکار گرفته شده

به‌منظور انتخاب یک بازدارنده مناسب در شرایط فشار بالا-دمای بالا، ابتدا این آزمایش در شرایط فشار اتمسفریک و با ماده شیمیائی مختلف انجام (اسید سالیسیلیک، نونیل فنول، اسید فتالیک، فنان ترن و اسید بنزوئیک) و سپس ماده شیمیائی منتخب با غلظت مشخص جهت آزمایش در شرایط دمای مخزن و فشارهای مختلف مورد استفاده قرار گرفت شده است. از تولوئن (به عنوان حلال) و مواد شیمیایی (به عنوان بازدارنده) نامبرده در زیر محلولهایی با غلظت ۵۰، ۱۰۰ ، ۳۰۰ و ۷۰۰ و بعضی از آنها با ppm ۱۰۰۰ ، به طور جداگانه می‌سازیم.

۲-۳-۱- عملکرد بازدارنده‌ها در شرایط اتمسفریک

در شکل ۳ میزان درصد کاهش رسوب آسفالتین برای هر بازدارنده در غلظت های مختلف نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود اسید سالیسیلیک بیشترین اثر را روی کاهش رسوب آسفالتین دارد.



www.SID.ir

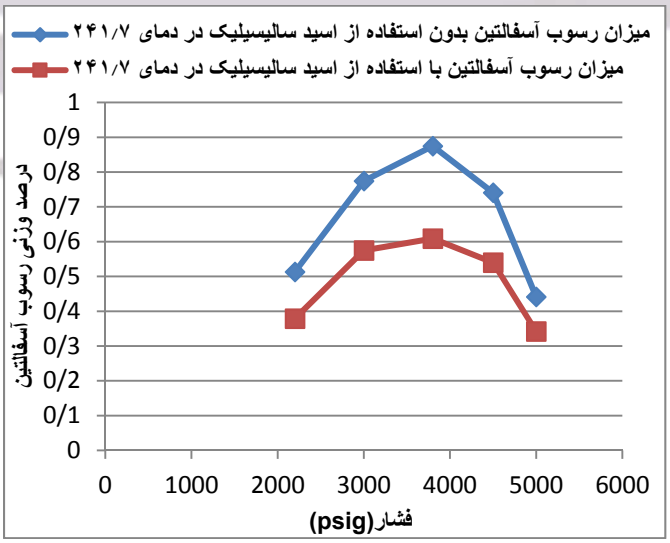
Archive of SID

شکل ۳- مقایسه عملکرد بازدارنده‌ها بر درصد میزان کاهش رسوب آسفالتین در ppm های مختلف

به‌دلیل اینکه اسید سالیسیلیک در غلظت 200 ppm بیشترین مقدار کاهش رسوب (۳۵٪) را دارد و در غلظت‌های بیشتر، مقدار کاهش، تقریباً ثابت است بنابراین بنظر می رسد انتخاب غلظت 200ppm در شرایط فشاربالا-دما بالا هم از نظر میزان کاهش رسوب و هم از لحاظ اقتصادی با صرفه‌تر است.

۲-۳-2- عملکرد اسید سالیسیلیک در شرایط کاهش فشار

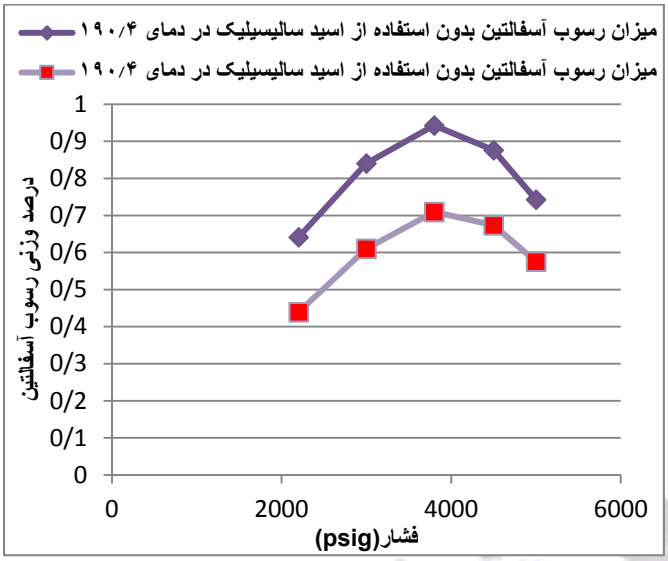
شکلهای ۴ و ۵ به‌ترتیب رفتار رسوب آسفالتین (در نفت زنده) در دمای ^{o}F 241/7 و ^{o}F 190/4 در دو حالت با استفاده از اسید سالیسیلیک به غلظت 200 ppm و بدون استفاده از آن ،را نشان می‌دهند. از این نمودارها می توان دریافت که افزودن اسید سالیسیلیک به‌طور متوسط ۳۰ درصد رسوب آسفالتین را کاهش می دهد



شکل ۴- مقایسه رفتار رسوب آسفالتین بر حسب فشار در صورت استفاده از اسید سالیسیلیک (۲۰۰ ppm) با رفتار رسوب در زمانی که از اسید سالیسیلیک استفاده نمی‌شود (در دمای ^{o}F 241/7)

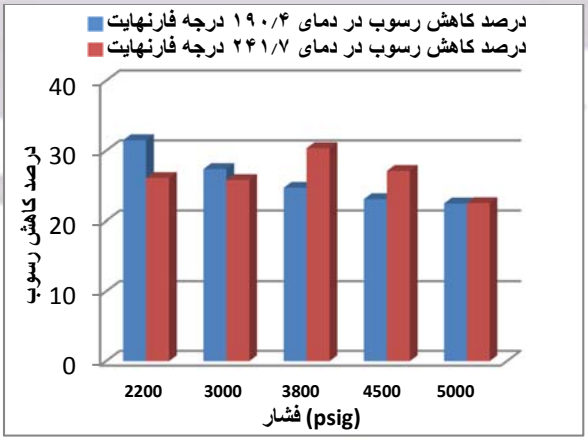
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- مقایسه رفتار رسوب آسفالتین بر حسب فشار در صورت استفاده از اسید سالیسیلیک (۲۰۰ ppm) با میزان رسوب بر حسب فشار در غلظت صفر از اسید سالیسیلیک در دمای 190/7 °F

شکل ۶ مقایسه‌ای از میزان درصد کاهش رسوب در هر دو دما را نشان می‌دهد. این نمودار بیان می‌کند که در دمای 241/7 °F با افزایش فشار تا فشار حباب، میزان درصد رسوب افزایش می‌یابد و از فشار حباب به بالا میزان درصد کاهش رسوب کاهش می‌یابد و در دمای 190/4 °F هم با کاهش فشار اولیه، میزان درصد کاهش رسوب افزایش می‌یابد.



شکل ۶- مقایسه درصد کاهش رسوب آسفالتین در دو دما و فشارهای مختلف در حضور اسید سالیسیلیک

۳- نتیجه گیری و پیشنهادات

www.SID.ir

Archive of SID

از آن جا که اکثر مخازن ایران با مکانیسم تخلیه طبیعی تولیدمی‌کنند،بررسی‌های آزمایشگاهی رسوب آسفالتین از جمله انجام آزمایش‌های Pressure Depletion و کاهش میزان رسوب توسط بازدارنده‌ها در صنایع بالادستی نفت، امری اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد.

۱- اثر فشار بر روی میزان آسفالتین به این صورت بوده که با کاهش فشار تا فشار اشباع، میزان رسوب آسفالتین افزایش یافته است تا اینکه در فشار اشباع، بیشترین مقدار رسوب ایجاد شده است و با کاهش فشار به زیر فشار اشباع، آسفالتین دوباره در نفت حل شده و میزان رسوب کاهش یافته است

۲- برای این نوع نفت با افزایش دما میزان رسوب آسفالتین کمتر می‌شود.

۳- از بین بازدارنده‌های بکار گرفته شده در شرایط اتمسفریک، اسید سالیسیلیک بیشترین اثر را بر میزان کاهش رسوب آسفالتین برای این نوع نفت دارد (حدود ٪۳۵).

۴- اسید سالیسلیک با غلظت 200 ppm در شرایط HPHT و کاهش فشار، اثری مثبت بر کاهش رسوب دارد و رسوب را تقریبا 30% کاهش داد. بنابراین می تواند باعث افزایش تولید نفت با ریسک مشکلات عملیاتی کمترمی‌شود.

۵-مهمترین نتیجه بدست آمده از این تحقیق این است که در دمای ^{o}F 190/4، با کاهش فشار، کارایی اسید سالیسیلیک در ممانعت از رسوب کردن آسفالتین افزایش یافت ولی در دمای مخزن (^{o}F 241/7) کارایی اسید سالیسیلیک در فشار اشباع، بیشترین بازدارندگی را داشته و با تغییر فشار این کارایی کاهش یافت.

۶-جهت کاهش هزینه‌ها، تعیین مقدار بهینه غلظت اسید سالیسلیک پیشنهاد می‌گردد.

۷- بهتر است قبل از کاربرد بازدارنده مناسب برای هر نفت، خواص اسیدی، خواص بازی، مقدار آسفالتین موجود و همچنین خصوصیات بازدارنده مورد استفاده، بررسی شود.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از شرکت ملی نفت و همچنین شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب جهت حمایتهای مربوطه سپاسگذاری می گردد.

مراجع

[1] Verdier, S., Carrier, H., "Study of Pressure and Temperature Effects on Asphaltene Stability inPresence of CO2", Energy & Fuels 2006, p.1584-1590.

[2] Peramanus et al, "Flow Loop Apparatus to Study the Effect of Solvent Temperature and Additive on Asphaltene Precipitation", Jurnal of Petroleum Science and Engineering (1999), p.133-143

www.SID.ir

Archive of SID

[3] Long X. Nghiem and Dennis A. Coombe, "Modeling Asphaltene Precipitation during Pressure Depletion", Presented at the SPE Fourth Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference held in Port of Spain, Trinidad and Tobago, SPE 36106, (1997)

[4] Al-Sahhaf et al, "Retardation of asphaltene precipitation by addition of toluene, resins, deasphalted oil and surfactants" Fluid phase Equilibria ۱۹۴-۱۹۷ (۲۰۰۲) P.۱۰۴۶-۱۰۵۷.

[5] Narve A.,"Characterization of Crude Oil Components, Asphaltene Aggregation and Emulsion Stability by means of Infrared Spectroscopy and Multivariative Analysis", Thesis, Norwegian University, Trondheim,
(2002).

www.SID.ir