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

بررسی آزمایشگاهی تشکیل رسوب آسفالتین طی فرآیند تزریق گاز دی اکسید کربن و جلوگیری از ایجاد رسوب با استفاده از بازدارنده مناسب در یکی از مخازن نفتی ایران

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-

چکیده

فرآیندهای ازدیاد برداشت پیشرفته مانند تزریق گاز دی اکسید کربن می تواند باعث تشکیل رسوبات آسفالتین و ایجاد مشکلات عملیاتی از جمله تخریب سازند و مسدود شدن لوله ها شود.
طی این تحقیق یک مطالعه آزمایشگاهی در مورد تشکیل رسوب آسفالتین در اثر تزریق گاز دی اکسید کربن دریکی از مخازن نفتی ایران، انجام گرفته شده است. در ابتد آزمایشات دما بالا فشار بالا به منظور آنالیز رفتار رسوب آسفالتین بر اثر تزریق گاز دی اکسید کربن در شرایط مخزن انجام شد. در مرحله ی بعد، اسید سالیسیلیک و نونیل فنول به عنوان بازدارانده رسوب آسفالتین به نفت تزریق شد تا اثر آنها در جلوگیری از تشکیل رسوب آسفالتین طی پروسه تزریق گاز دی اکسید کربن بررسی شود. نتایج به دست آمده نشان داد که آسفالتین در نسبت مولی ٪۲۶ دی اکسید کربن به مخلوط نفت و گاز، شروع به رسوب کردن می نماید. با افزایش غلظت گاز، مقدار رسوب نیز افزایش یافت. استفاده از اسید سالیسیلیک و نونیل فنول به طور متوسط توانست به ترتیب ٪۵۲ و٪۴۴ از تشکیل رسوب آسفالتین در پروسه تزریق گاز دی اکسید کربن جلوگیری کند.

کلمات کلیدی: آسفالتین، دی اکسید کربن، بازدارنده، نتایج آزمایشگاهی

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تزریق گاز دی اکسید کربن امروزه یکی از متداول ترین روش های ازدیاد برداشت پیشرفته به شمار می آید. بعد از سیلاب زنی اولیه، بسیاری از مخازن نفت سبک و معمولی تحت عملیات سیلاب زنی با گاز دی اکسید کربن قرار می گیرند. هنگامی که گاز تزریقی با نفت مخزن تماس پیدا می کند، موجب تغییر در تعادل ترمودینامیکی و رفتار فازی سیال شده که منجر به رسوب مواد آلی به خصوص آسفالتین ها می شود [۱].

آسفالتین ها موادی هستند آلی، پلی آروماتیک با وزن مولکولی زیاد که در نرمال پنتان و نرمال هپتان حل نمی شوند. اعتقاد بر این است که آسفالتین ها به صورت حل شده یا کلوئیدی در نفت وجود دارند [۲]. رسوب آسفالتین می تواند خاصیت ترشوندگی سازند را تغییر دهد و بر کارایی فرآیند تزریق گاز دی اکسید کربن تاثیر بگذارد [۳].

رسوب آسفالتین می تواند به وسیله ی روش های پیش بینی کننده، اصلاحی، و جلوگیری کننده کنترل شود. در روش های پیش بینی کننده، از ترکیبی از مدل های ترمودینامیکی و جنبشی جهت پیش بینی نقطه ی شروع رسوب آسفالتین استفاده می شود. مدل های ترمودینامیکی به تنهایی برای پیش بینی رفتار واقعی سیال مخزن کافی نیستند. در روش های اصلاحی عملیات برداشتن آسفالتین رسوب شده با استفاده از روش های مکانیکی و شیمیایی (افزودن حلال) انجام می شود. این گونه عملیات ها معمولاً زمانی انجام می شود که آسفالتین رسوب کرده و کاهش تولید اتفاق افتاده است [۴]. کاهش تولید و هزینه این گونه عملیات ها می تواند جنبه ی اقتصادی پروژه ی تزریق را تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین، توسعه ی یک روش جلوگیری کننده به منظور کنترل رسوب آسفالتین و افزایش کارایی فرآیند ازدیاد برداشت از اهمیت خاصی برخوردار است. در سال های اخیر جلوگیری از رسوب آسفالتین با استفاده از بازدارنده های شیمیایی به طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است. در بعضی از موارد نتایج قابل توجهی در حل مشکل رسوب آسفالتین در چاه و لوله ها به دست آمده است [۵،۶]. به هر حال تعداد کمی از محققان استفاده از بازدارنده ها را در شرایط مخزن مورد بررسی قرار داده اند. در این مطالعه، ابتدا آزمایشات رسوب آسفالتین بر اثر تزریق گاز دی اکسید کربن در یکی از مخازن نفتی ایران انجام می شود. در مرحله ی بعد، اسید سالیسیلیک و نونیل فنول به عنوان بازدارنده رسوب آسفالتین به نفت تزریق شده تا اثر آن در جلوگیری از تشکیل رسوب آسفالتین طی فرآیند تزریق گاز دی اکسید کربن بررسی شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۱-خواص سیال مخزن

جدول ۱ و جدول ۲ خلاصه خواص شیمیایی و ترکیب شیمیایی نفت مورد مطالعه را نشان می دهد.

جدول (۱): خلاصه خصوصیات PVT نفت خام.

Initial Reservoir Pressure (psi)	5750
Reservoir Static Pressure at sampling Time (psi)	4500
Temperature (°F)	241.7
Bubble Point at 241.7 (°F)	3904
Reservoir Oil Density at P_r (Ibm/ft^3)	43
GOR (ft^3/bbl)	1187
Oil Volume Factor at P_r	1.647
Compressibility (1/psia)	1.37×10^{-5}

جدول (۲): ترکیب سیال مخزن.

Component	Mole %	Component	Mole %
N2	0.18	C9	2.56
CO2	3.86	C10	2.2
H2S	4.83	C11	1.73
C1	42.86	C12	1.52
C2	7	C13	1.3
C3	4.39	C14	1.1
iC4	1.02	C15	1.03
nC4	2.77	C16	0.88
iC5	1.26	C17	0.73
nC5	1.73	C18	0.67
C6	2.55	C19	0.64
C7	2.53	C20+	7.96
C8	2.71	Total	100.00
Measured MW (gr/gmole):	90.55	C20+ MW (gr/gmole):	500.75
		C20+ Density (Kg/m^3):	962

www.SID.ir

Archive of SID

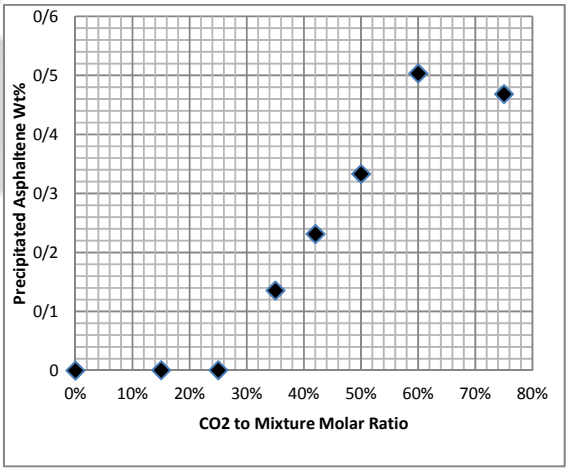
۲-شرح آزمایشات

آزمایشات تزریق دی اکسید کربن به منظور مطالعه تاثیر گاز دی اکسید کربن بر رسوب آسفالتین طراحی شده اند. در این آزمایشات نسبت های مختلف مولی گاز دی اکسید کربن در فشار ۴۵۰۰psig و دمای ۲۴۱/۷ °F به نفت مخزن و نفتی که حاوی بازدارنده است، تزریق می شود. بعد از اتمام فرآیند تزریق، PVT Cell به مدت ۲۴ ساعت در دما و فشار مشخص شده، تکان داده می شود. سپس به صورت ساکن به مدت یک روز دیگر نگهداری می شود تا اطمینان حاصل شود که آسفالتین به نقطه ی پایدارش رسیده است. نفت از طریق فیلتر ۰/۵ میکرومتری به داخل ظرف نمونه گیری هدایت می شود. آسفالتین های رسوب شده نمی توانند از فیلتر عبور کنند و فقط آسفالتین های محلول در نفت از فیلتر عبور می کنند. در پایان مقدار آسفالتین اندازه گیری شده در ظرف نمونه گیری از مقدار آسفالتین اولیه کسر شده تا مقدار آسفالتین رسوب شده بدست آید.

۳-نتایج آزمایشگاهی

۳-۱-تزریق گاز دی اکسید کربن

آزمایشات تزریق گاز دی اکسید کربن در دمای ۲۴۱/۷ °F برای هفت نسبت مولی گاز به مخلوط طراحی شده است. نتایج بدست آمده (شکل ۱) نشان می دهد که با افزایش کسر مولی گاز در مخلوط تا نسبت مولی ٪۲۶ CO2، مقدار رسوب تغییر نمی کند. در غلظت های بیشتر از این غلظت که نقطه ی شروع رسوب آسفالتین نامیده می شود، مقدار رسوب با افزایش بیشتر مقدار گاز CO2 به نفت، افزایش می یابد. این رفتار گاز دی اکسید کربن تا نسبت مولی ٪۶۰ گاز به نفت ادامه می یابد. اما در نسبت مولی ٪۷۵ گاز دی اکسید کربن به مخلوط، مقدار رسوب آسفالتین نسبت به غلظت ٪۶۰ کاهش می یابد، که نشان دهنده ی ناحیه ی دوفازی می باشد.



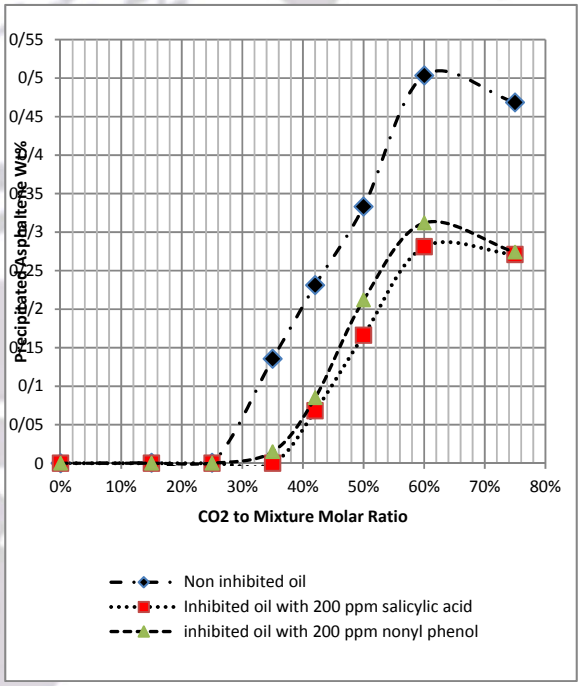
شکل ۱: نتایج آزمایشات تزریق گاز دی اکسید کربن.

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۲-بررسی اثر بازدارنده ها

به منظور انتخاب یک بازدارنده مناسب، ابتدا اثر ۶ بازدارنده مختلف بر نفت مرده مورد بررسی قرار گرفت. این بازدارنده ها عبارت بودند از: نونیل فنول، اسید سالیسیلیک، فنانترن، اسید فتالیک، اسید بنزوییک و تولوئن. نتایج به دست آمده نشان داد که اسید سالیسیلیک و نونیل فنول بیشترین کارایی را در بازدارندگی از رسوب آسفالتین داشته اند. بنابراین این دو بازدارنده جهت بررسی اثر بازدارنده بر رسوب آسفالتین در شرایط مخزن انتخاب شدند. استفاده از غلظت های بالاتر از ۲۰۰ppm تنها ٪۳ کارایی این بازدارنده ها را افزایش داد، بنابراین از غلظت ۲۰۰ppm در تست های اثر بازدارنده در شرایط مخزن استفاده شد. شکل ۲ تاثیر نونیل فنول و اسید سالیسیلک در جلوگیری از رسوب آسفالتین بر اثر تزریق گاز دی اکسید کربن را نشان می دهد.



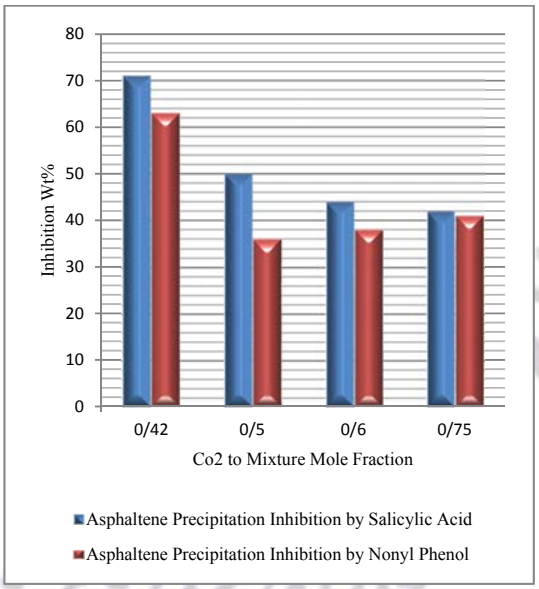
شکل ۲: کارایی اسید سالیسیلیک و نونیل فنول در ممانعت از رسوب آسفالتین.

نقطه ی شروع رسوب آسفالتین برای نفتی که حاوی نونیل فنول است، ٪۳۴ اندازه گیری شد که نسبت به نفت بدون بازدارنده ٪۳۰/۷۵ بهبود یافته است. این در حالی است که نقطه ی شروع رسوب آسفالتین برای نفتی که حاوی اسید الیسیلسک است، ٪۳۶ اندازه گیری شد که نسبت به نفت بدون بازدارنده ٪۳۸/۵ بهبود یافته است.

www.SID.ir

Archive of SID

همان گونه که در شکل ۳ نشان داده شده است، اسید سالیسیلیک کارایی بهتری را در ممانعت از رسوب آسفالتین نسبت به نونیل فنول نشان داده است.



شکل ۳: مقایسه کارایی اسید سالیسیلیک و نونیل فنول در ممانعت از رسوب آسفالتین.

نتایج در شرایط مخزن نشان می دهد که ۲۰۰ppm نونیل فنول توانسته است به طور متوسط ٪۴۴ از تشکیل رسوب آسفالتین جلوگیری کند، در حالی که ۲۰۰ppm اسید سالیسیلیک ٪۵۲ از تشکیل رسوب آسفالتین جلوگیری کند. همچنین نتایج آزمایشگاهی نشان می دهد که با افزایش غلظت گاز دی اکسید کربن کارایی نونیل فنول در ممانعت از رسوب آسفالتین افزایش می یابد، این در حالی است که با افزایش غلظت گاز دی اکسید کربن کارایی اسید سالیسیلیک کاهش می یابد.

نتیجه گیری

۱- نقطه ی شروع رسوب آسفالتین درتست های تزریق گاز دی اکسید کربن در نسبت مولی ٪۲۶ درصد گاز دی اکسید کربن به نفت مشاهده شد.در نسبت های مولی پایین تر رسوب آسفالتین مشاهده نشد.

۲- برای نسبت های مولی بیشتر از نقطه ی شروع رسوب، با افزایش غلظت گاز دی اکسید کربن مقدار رسوب آسفالتین افزایش یافت. این رویه تا نسبت مولی ٪۶۰ ادامه یافت اما هنگامی که نسبت مولی گاز به نفت به ٪۷۵ رسید رسوب آسفالتین کاهش یافت که نشان دهنده ی ناحیه دو فازی است.

www.SID.ir

Archive of SID

۳- با توجه به غلظت های مختلف مورد استفاده اسید سالیسیلیک و نونیل فنول در آزمایشات ابتدایی بر نفت مرده، و با توجه به کارایی این بازدارنده ها و همچنین جنبه ی اقتصادی بودن پروژه تزریق بازدارنده، از غلظت ppm ۲۰۰ در تست های تزریق گاز دی اکسید کربن استفاده شد.

۴- استفاده از اسید سالیسیلیک به عنوان بازدارنده ی رسوب آسفالتین، نقطه ی شروع رسوب از نسبت مولی ٪۲۶ درصد گاز تزریقی به نفت، به ٪۳۶ درصد ارتقا داده شد. نونیل فنول نقطه ی شروع رسوب از نسبت مولی ٪۲۶ درصد گاز تزریقی به نفت، به ٪۳۴ درصد ارتقا داد.

۵- نتایج مربوط به تزریق بازدارنده نشان داد که اسید سالیسیلیک توانسته است به طور متوسط ٪۵۲ درصد، و نونیل فنول ٪۴۴ از رسوب آسفالتین طی فرآیند تزریق گاز دی اکسید کربن جلوگیری نماید.

پیشنهادها

۱-مطالعه تاثیر بازدارنده بر نفت های متفاوت. بسته به نفت مورد بررسی(ترکیب شیمیایی، PH، ...)، هر بازدارنده می تواند تاثیر متفاوتی را بر میزان رسوب آسفالتین در نفت خام داشته باشد.

۲-بدست آوردن غلظت بهینه تزریق بازدارنده. بدست آوردن غلظت بهینه در شرایط واقعی، می تواند به جنبه ی اقتصادی پروژه تزریق بازدارنده کمک کند.

۳-مطالعه تاثیر تزریق گاز CO_2 بر رسوب آسفالتین در شرایط امتزاجی و غیر امتزاجی.

تقدیر و تشکر

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

منابع

1. Speight, J. G. (1999). The chemistry and technology of petroleum. New York, Marcel Dekker.
2. Buckley, J.S. ‘‘Asphaltene Precipitation and Crude Oil Wetting,’’ SPE Advanced Technology Series (March 1995) 53.
3. Barker, K. M.; Germer, J. W.; Lesile, M. P. Removal and Inhibition of Asphaltene Deposition on Formation Minerals. Presented at the SPE International Petroleum Conference and Exhibition of Mexico, Villahermosa, Tabasco, Mexico, March 5-7, 1996, Paper No. SPE 35342.
4. PTAC Oil Production Technical Subcommittee. Potential Solutions for Top Four Problems/Opportunities. In Petroleum Technology Alliance Canada (PTAC) Workshop Notes; PTAC: Calgary, Alberta, Canada, April 21, 1997; pp 10-13.
5. Bouts, M.N., Wiersma, R.J., and Muljs, H.M.: “An Evaluation o New Asphaltene Inhibitors: Laboratory Study and Field-Testing,” SPE paper No. 28991, presented at the SPE International Symposium on Oilfield Chemistry in San Antonio, TX, Feb. 14-17,1995.

www.SID.ir

Archive of SID

6. Ibrahim, H.H. and Idem, R.O.: "CO2-miscible Flooding for Three Saskatchewan Crude Oils: Interrelationships between Asphaltene Precipitation Inhibitor Effectiveness, Asphaltenes Characteristics, and Precipitation Behavior," *Energy & Fuels* (2004) 18, 743-754.

www.SID.ir