بررسی آزمایشگاهی اثر تزریق گاز شیرین و گاز ترش بر میزان رسوب آسفالتین درنفت یکی از مخازن نفتی ایران

سمانه سروش، محسن وفایی سفتی*
تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مهندسی شیمی، صندوق پستی ۱۴۳-۱۴۱۱۵

پیمان پورافشاری
تهران، دانشگاه تهران، پردیس دانشکده‌های فنی، انستیتو مهندسی نفت، صندوق پستی ۵۷۱۳۱ ـ ۱۴۳۹۹

چکیده: ابعاد مشکل آفرین رسوب مواد سنگین هیدروکربوری، از دهه قبل، به‌علت روشن نشدن علت‌های آن اولویت پیدا کرده و برای پیش بینی آن توسط نرم افزارها فعالیت های زیادی توسط شرکت‌های نفتی صورت می گیرد. یکی از مشکلاتی که در هنگام تزریق گاز به‌وجود می آید تشکیل رسوب آسفالتین است که پیش بینی مقدار آن قبل از انجام تزریق گاز امری ضروری است. در این مقاله به منظور تعیین مقدار رسوب آسفالتین نفت، در یکی از مخازن نفتی در اثر تزریق گاز شیرین (سبک) و گاز ترش (سنگین) همراه نفت، چندین آزمایش جابه‌جایی نفت به‌وسیله گاز در فشارهای مختلف و دمای $237^{\circ}F$ در داخل محیط متخلخل لوله قلمی اجرا شده است. در این آزمایش‌ها مقدار رسوب آسفالتین باقیمانده در محیط متخلخل و مقدار رسوب آسفالتین تشکیل شده و خارج شده از آن اندازه گیری شده و تاثیر رسوب آسفالتین روی تراوایی محیط متخلخل بررسی شده است. نتیجه‌های آزمایش‌های انجام شده نشان می‌دهد که در اثر تزریق گاز ترش میزان رسوب کمتری نسبت به گاز شیرین ایجاد می‌شود. همچنین وقتی فشار از فشار حداقل امتزاج پذیری (MMP) بیشتر می‌شود، میزان رسوب آسفالتین کاهش می‌یابد.

واژه های کلیدی: تزریق گاز، گاز ترش، گاز شیرین، رسوب آسفالتین، تراوایی.

KEY WORDS: *Gas injection, Sour gas, Sweet gas, Asphaltene precipitation, Permeability.*

Archive of SID

مقدمه

یکی از مهمترین پروژه‌های ازدیاد برداشت، پروژه تزریق گاز می‌باشد که این موضوع، به‌ویژه برای مخازن ایران، حایز اهمیت است. یکی از عواقب بد تزریق گاز تشکیل رسوب آسفالتین می‌باشد که باعث ته نشینی آن روی سطح خلل و فرج موجود در سنگ مخزن شده و برداشت نفت را کاهش می‌دهد. این موضوع می‌تواند باعث کاهش تخلخل و تراوایی و در نتیجه تخریب سازند شود. این پدیده هم در تزریق گاز ترش و هم گاز شیرین، ممکن است رخ دهد. تا کنون مطالعه‌های زیادی روی مدل‌سازی ترمودینامیکی تشکیل این رسوب انجام پذیرفته است [۱۱ـ۱].

مطالعه‌های آزمایشگاهی بسیار گران قیمت و وقت‌گیر می‌باشند. بنابراین اکثر پژوهشگران درمورد رسوب آسفالتین در محیط متخلخل، مدل‌سازی را بر مطالعه آزمایشگاهی ترجیح می‌دهند. در نتیجه داده‌ها و اطلاعات آزمایشگاهی و تجربی منتشر شده در مورد رسوب آسفالتین در محیط متخلخل بسیار محدود و اندک می‌باشد.

*عهده دار مکاتبات
+E-mail: vafaiesm@modares.ac.ir

www.SID.ir

Minssieux [۱۲] اولین شخصی است که رسوب آسفالتین در محیط متخلخل را به صورت جامع و گسترده‌ای مورد مطالعه قرار داده است. او از نمونه‌های مغزه طبیعی با تراوایی متفاوت و نمونه‌های نفت مرده با محتوای آسفالتین مختلف استفاده کرد. نتایج آزمایشات نشان دهنده کاهش تراوایی در اثر تشکیل رسوب آسفالتین بود.

Ali و *Islam* [۱۳] اثر رسوب آسفالتین را روی تراوایی سنگ کربناته بررسی کردند. آنها نمونه‌های مغزه مصنوعی را با فشرده کردن پودر سنگ آهک در مغزه نگهدار آماده نمودند. مغزه نگهدار با ایجاد خلاء از یک نفت خام آسفالتین‌گیری شده اشباع شد و نفت خام آسفالتین‌گیری شده به داخل مغزه نگهدار تزریق گردید، تا اینکه یک افت فشار پایدار حاصل شود. نتایج آزمایش‌های آنها نیز بیانگر کاهش تراوایی محیط متخلخل در اثر گذشت زمان بود.

Srivastava و *همکاراش* [۱۴] در سال ۱۹۹۷ میلادی نتیجه‌های استاتیکی و دینامیکی آزمایش‌های رسوب آسفالتین را برای شرایط دمایی و فشاری مخزن Weyburn گزارش نموده‌اند.

Verdier [۱۵ ـ ۱۰] به مطالعه اثر دما و فشار روی پایداری آسفالتین در تزریق گاز پرداخت نتیجه‌های آزمایشگاهی وی نشان داد که زمانی که جزء گازی حضور دارد حلالیت آسفالتین با کاهش دما و افزایش فشار بیشتر می‌شود .

مشخص است که آزمایش‌های محدودی در مورد رسوب آسفالتین به خصوص در حضور گازهای طبیعی ترش و شیرین انجام شده است در این مقاله مقایسه‌ای بین اثر تزریق گاز شیرین و گاز ترش روی میزان رسوب آسفالتین تشکیل شده در محیط متخلخل صورت گرفته است آزمایش جابجایی نفت مخزن به‌وسیله گاز شیرین در داخل نمونه سنگهای واقعی مخزن در دمای ۲۳۷°F و فشارهای ۴۲۰۰ تا ۴۶۰۰ psig انجام شده است. در این آزمایش‌ها نیز میزان رسوب آسفالتین تشکیل شده داخل محیط متخلخل و تأثیر رسوب روی تراوایی سنگ مخزن بررسی شد.

بخش تجربی

مشخصات نفت مخزن و گازهای تزریقی در آزمایش‌های رسوب آسفالتین

نفت مخزن

به‌وسیله مخلوط نمودن نمونه نفت سرچاهی و نمونه گاز ترش همراه آن با نسبت گاز به نفت (GOR) معین، نمونه نفت مخزن تهیه شد. نسبت گاز به نفت در حالت تبخیر آنی SCF/STB GOR=۱۴۵۳/۷۵ و ضریب حجمی نفت مخزن در فشار ۴۰۰۰ psig و دمای ۲۳۷ °F در حالت تبخیر آنی معادل BBL/STB B_o=۱/۸۷۷RES اندازه‌گیری شد. در جدول ۱ به آنالیز نفت اشاره شده است.

گازهای تزریقی

در این آزمایش گاز سبک (شیرین) یکی از مناطق نفتی و گاز سنگین (ترش) همراه نفت مخزن ، به عنوان گازهای تزریقی استفاده شدند. ترکیب این گازها در جداول ۲ و ۳ ذکر شده است. فشار نمونه گازهای تزریقی گرفته شده از سر چاه کم و در حدود ۳۰۰psig بودند. فشار این نمونه گازها به‌وسیله پمپ جیوه در چندین مرحله به حدود ۳۸۰۰ تا ۴۴۰۰ psig افزایش داده شد تا به نفت مخزن تزریق شوند.

وسایل آزمایش

مشخصات وسایل آزمایشگاهی به شرح زیر می‌باشد:

۱ـ لوله قلمی

۲ـ دستگاه تنظیم کننده فشار خروجی برای کنترل و تثبیت فشار داخل لوله قلمی از این وسیله استفاده می شود.

۳ـ دانسیتومتردیجیتال: سیال تولیدی بعد از خروج از لوله قلمی از دستگاه دانسیتومتر عددی فشار بالا عبور داده می شود. این وسیله در طول آزمایش چگالی(دانسیته) سیال را در شرایط فشار و درجه حرارت مخزن اندازه گیری می نماید.

۴ـ سیلندرها، خطوط انتقال و شیرها: این وسایل به‌کار برده شده اغلب از جنس فولاد ضد زنگ ویژه و دارای تحمل فشار بالای ۱۰۰۰۰ پام و درجه حرارت بالای ۱۵۰ درجه سانتی گراد را دارا می باشند.

۵ـ پمپ به منظور تامین فشار جابجایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۶ ـ حمام هوا به منظور تنظیم دمای آزمایش مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شکل ۱ دستگاه مورد استفاده در این کار را نشان می‌دهد.

نحوه انجام آزمایش‌ها

آزمایش‌ها در داخل یک محیط متخلخل لوله قلمی با طول ۱۸۷۴ سانتی متر و قطر داخلی ۳/۷۷ میلی متر انجام شد. مقدار تراوایی محیط متخلخل لوله قلمی با استفاده از هپتان نرمال در دمای ثابت ۹۵ درجه فارنهایت با چند دبی مختلف تزریق در بازهٔ جریان آرام اندازه‌گیری شد و تراوایی این محیط متخلخل

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱ـ آنالیز کامل نفت ته چاهی.

ردیف	اجزا	درصد مولی (mole %)
۱	N_2	۱/۰۸۲
۲	C_1	۴۳/۱۴۶
۳	CO_2	۴/۶۴۳
۴	C_2	۷/۱۵۹
۵	H_2S	۷/۲۸۴
۶	C_3	۴/۲۲۷
۷	nC_5	۱/۰۷۸
۸	nC_4	۲/۸۱۵
۹	iC_5	۱/۴۵۸
۱۰	nC_5	۲/۰۹۶
۱۱	C_6	۲/۹۱۷
۱۲	C_7	۲/۴۹۵
۱۳	C_8	۲/۴۶۶
۱۴	C_9	۲/۲۹۳
۱۵	C_{10}	۱/۹۵۳
۱۶	C_{11}	۱/۵۴۸
۱۷	C_{12}	۱/۲۴۱
۱۸	C_{13}	۱/۱۳۲
۱۹	C_{14}	۰/۹۲۲
۲۰	C_{15}	۰/۸۲۸
۲۱	C_{16}	۰/۷۸۹
۲۲	C_{17}	۰/۵۶۸
۲۳	C_{18}	۰/۴۲۴
۲۴	C_{19}	۰/۷۵۷
۲۵	C_{20}	۰/۴۲۳
۲۶	C_{21}	۰/۳۶۰
۲۷	C_{22}	۰/۳۵۲
۲۸	C_{23}	۰/۲۹۴
۲۹	C_{24}	۰/۲۵۲
۳۰	C_{25}	۰/۲۳۴
۳۱	C_{26}	۰/۱۶۷
۳۲	C_{27}	۰/۱۳۲
۳۳	C_{28}	۰/۰۹۰
۳۴	C_{29}	۰/۰۵۳
۳۵	C_{30}	۰/۰۳۳
۳۶	C_{31}	۰/۰۱۲
۳۷	C_{32}	۰/۰۲۴
۳۸	C_{33+}	۲/۵۳۵
مجموع		۱۰۰/۰۰۰

جدول ۲ـ تجزیه نمونه گاز سبک (شیرین).

ردیف	اجزا	درصد مولی (mole %)
۱	N_2	۰/۲۱
۲	C_1	۸۹/۰۱
۳	CO_2	۰/۱۴
۴	C_2	۸/۰۹
۵	C_3	۲/۰۰
۶	iC_4	۰/۰۸
۷	nC_4	۰/۲۷
۸	iC_5	۰/۱۰۰
۹	nC_5	۰/۰۹۶
مجموع		۱۰۰/۰۰۰

میانگین وزن مولکولی گاز: ۱۸/۰۱۳ گرم در هر گرم مول
وزن مخصوص گاز نسبت به هوا: ۰/۶۲۱

جدول ۳ـ تجزیه نمونه گاز ترش همراه نفت.

ردیف	اجزا	درصد مولی (mole %)
۱	N_2	۰
۲	H_2S	۷/۸۳۲
۳	C_1	۶۹/۰۹۵
۴	CO_2	۵/۱۷۱
۵	C_2	۸/۷۱۱
۶	C_3	۵/۷۳۶
۷	iC_4	۰/۷۹۲
۸	nC_4	۱/۴۲۴
۹	iC_5	۰/۴۰۷
۱۰	nC_5	۰/۴۷۲
۱۱	C_6	۰/۳۶۰
مجموع		۱۰۰/۰۰۰

میانگین وزن مولکولی گاز: ۲۳/۳۵۱ گرم در هر گرم مول
وزن مخصوص گاز نسبت به هوا: ۰/۸۰۵

Archive of SID

www.SID.ir

۲/۰۲ دارسی و تخلخل آن ۳/۳۷ ٪ اندازه‌گیری شد. در شروع آزمایش دمای دستگاه لوله قلمی به ۲۳۷ °F رسانیده شده و به‌وسیله نفت زنده مخزن در فشار آزمایش (بین ۳۸۲۰ تا ۴۵۲۳ psia) و بالاتر از فشار نقطه حباب و دمای مخزن با سرعت بیشینه ۱۰ سانتیمتر مکعب در ساعت و به اندازه ۱/۵ برابر حجم تخلخل لوله قلمی اشباع شد. به‌دنبال این جابجایی و برای تثبیت دما و فشار نفت مخزن داخل لوله قلمی، گاز مورد آزمایش با دبی حدود ۱۰ سانتیمتر مکعب در ساعت تزریق شد و نفت داخل لوله قلمی جابه‌جا گردید و تزریق گاز تا حدود ۱/۲ برابر حجم خلل و فرج آن ادامه یافت.

آزمایش‌های رسوب آسفالتین در فشار جو و دمای محیط با روش IP-143 با نفت بدون گاز چاه C و چاه D یکی از میدان‌های نفتی ایران انجام گرفت. برای اندازه گیری رسوب آسفالتین تشکیل شده داخل محیط متخلخل به‌واسطه تزریق گاز، نظیر اندازه‌گیری تغییرهای تراوایی ابتدا گاز به اندازه ۱/۲ برابر حجم خلل و فرج در داخل لوله قلمی با فشار آزمایش و دمای ۲۳۷°F تزریق شده و نفت آن به‌خوبی جابجا می‌شود. سپس گازهای داخل لوله قلمی تخلیه و دمای آن به ۱۷۶ درجه فارنهایت رسانده می‌شود و بعد برای حل نمودن و خارج کردن نفت باقیمانده و ترکیبات رزینی چسبیده بر روی ترکیبات آسفالتینی، داخل خلل و فرج لوله قلمی با حجم کافی نرمان هپتان جوشان شستشو داده می‌شوند. در مرحله آخر رسوب آسفالتین باقیمانده در لوله قلمی با تزریق حجم کافی تولوئن خارج شده و محلول حاصل از شستشو و حاوی آسفالتین جمع‌آوری شده و بعد از تبخیر آن در کوره‌های ویژه مقدار درصد وزنی رسوب به‌دست آمده محاسبه می‌شود. برای به‌دست آوردن مجموع رسوب‌های آسفالتینی و غیرآسفالتینی عبور نموده از لوله قلمی صافی فلزی در خارج از حمام کنترل دما و در دمای محیط قرار داده می‌شود. این صافی رسوبات غیرآسفالتینی (بیشتر پارافینی) را نیز که در اثر کاهش دما از ۲۳۷°F تا دمای محیط تشکیل می‌شود راگرفته و بدین ترتیب جمع رسوبات تشکیل شده اعم از آسفالتینی و غیر آن در اثر تزریق گاز به‌دست می‌آید.

نتیجه‌ها و بحث

اندازه‌گیری مقدار آسفالتین موجود در نفت

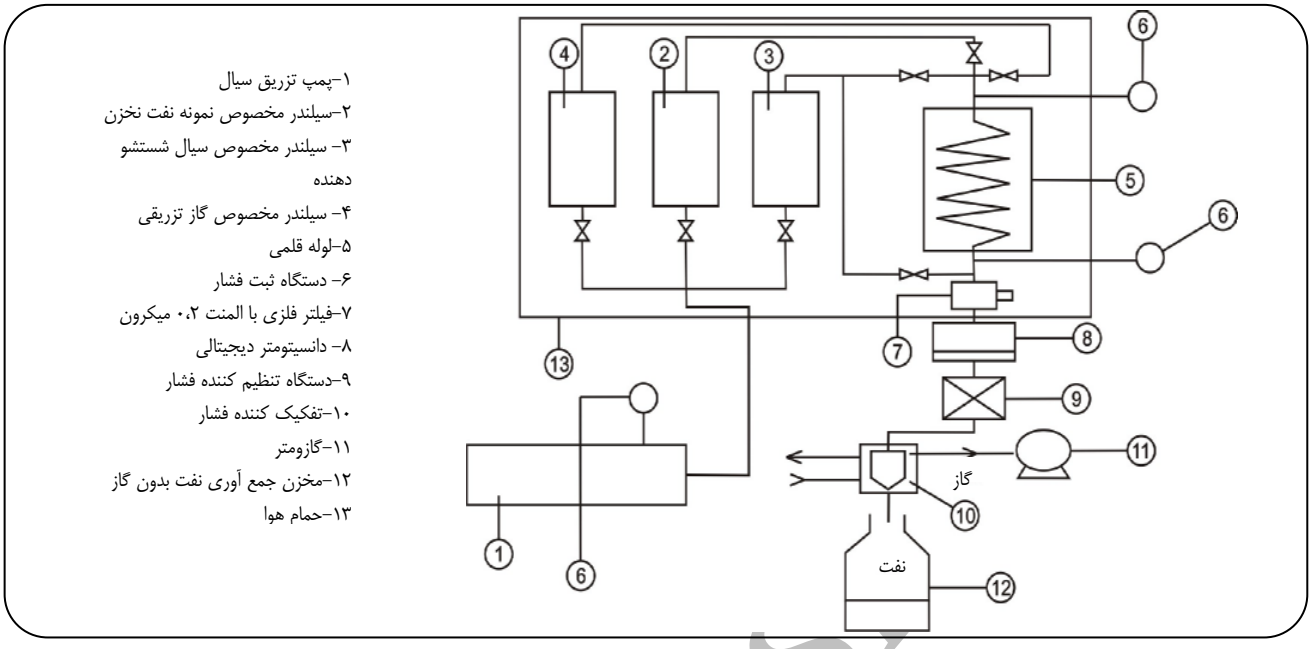
مقدار رسوب آسفالتین در نفت مرده D برابر ۰/۵۳ درصد وزنی و مقدار آسفالتین در برش سنگین حاصل از تقطیر (C_{33+}) آن برابر ۱/۸۳ درصد وزنی به‌دست آمد. این مقدار آسفالتین برای نفت چاه C به ترتیب ۰/۳۴ و ۱/۳۱ درصد وزنی بودند. نفت آنالیز شده با اینکه به نسبت سبک است (API=۳۸) ولی مقدار هیدروکربن‌های سنگین (C_{33+}) آن به نسبت زیاد و معادل ۲۹/۰۲ درصد وزنی بود و مقدار رسوب آسفالت که مجموع رسوبات آسفالتینی و غیرآسفالتینی است در نفت مرده در شرایط فشار و دمای محیط ۰/۷۸ درصد وزنی اندازه‌گیری شد. نتیجه‌های آزمایش‌ها نشان داد که رسوب آسفالتین نمونه نفت بدون گاز ته چاهی و نمونه نفت بدون گاز سرچاهی در فشار اتمسفر و دمای محیط با هم اختلافی ندارند و رسوب آسفالتین تشکیل شده بعد از تزریق گاز با وجود کم بودن بسیار چسبنده بود، به‌طوری که با محلول تولوئن جوشان نیز به‌سختی حل می‌شد. بعد از تمیز شدن نیز رنگ ثابت سیاهرنگی روی سطح سیلندرها و یا ذره‌های ریز شیشه‌ای داخل لوله قلمی باقی می‌گذاشت که فقط با حرارت از بین می‌رفت.

اندازه‌گیری مقدار رسوب آسفالتین در اثر تزریق گاز

در مجموع ۶ آزمایش اندازه‌گیری رسوب آسفالتین نفت مخزن با تزریق گاز سبک منطقه و گاز ترش (همراه) در فشارهای مختلف و دمای مخزن به‌وسیله لوله قلمی انجام شد. شکل ۱ شمای دستگاه را نشان می‌دهد. در آزمایش اول با تزریق گاز سبک در نفت مخزن در دمای ۲۳۷ °F و فشار ۴۲۲۳ psig (حدود فشار مخزن) در داخل لوله قلمی به‌عمل آمد. در این آزمایش هیچ‌گونه افت تراوایی و یا انسداد مشاهده نشد. مقدار رسوب آسفالتین داخل لوله قلمی ۰/۲۰۸ درصد وزنی و مقدار رسوب گرفته شده توسط صافی فلزی ۰/۰۶۹ درصد وزنی به‌دست آمد. در این آزمایش صافی فلزی در داخل حمام کنترل دما قرار داده شده بود.

آزمایش دوم نیز با جابجایی نفت مخزن به‌وسیله تزریق گاز شیرین در فشار ۴۲۲۰ psig و دمای ۲۳۷ °F اجرا شد. در این آزمایش صافی فلزی برای گرفتن رسوب‌های غیرآسفالتینی بعد از حمام کنترل دما و در درجه حرارت محیط قرار داده شده بود. در اینجا نیز افت تراوایی لوله قلمی مشاهده نشد. مقدار رسوب آسفالتین در لوله قلمی و در صافی نظیر آزمایش اول بود و رسوب‌های غیر آسفالتینی که در اثر افت دما تشکیل می‌شد حدود دو برابر رسوب‌های آسفالتینی اندازه‌گیری شد. مقایسه رسوب‌های آسفالتینی و غیرآسفالتینی نفت مخزن با تزریق گاز سبک در این حالت در جدول شماره ۴ آمده است. بیشترین قسمت رسوب‌های غیرآسفالتینی، پارافینی بودند چون در اثر کاهش دما به‌وجود می‌آمدند و با افزایش دما روان می‌شدند.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱ـ دستگاه اندازه‌گیری رسوب آسفالتین و غیر آسفالتین در فشار و دمای محیط.

آزمایش سوم با تزریق گاز سبک در دمای مخزن و فشار psia ۴۵۲۳ و آزمایش چهارم با تزریق گاز سبک در دمای مخزن و فشار psia ۳۸۲۳ اجرا شدند. این آزمایش‌ها به منظور بررسی اثر فشار بر روی رسوب آسفالتین و کل رسوب انجام شدند. جدول ۵ نتیجه‌های این آزمایش‌ها را هم نشان می‌دهد. در این جدول مشاهده می‌شود که مقدار رسوبات با افزایش فشار کم می‌شود و مقدار کل رسوب چند برابر رسوب آسفالتین است. در این آزمایش‌ها نیز افت تراوایی و یا انسداد لوله قلمی مشاهده نشد. یادآوری می‌شود فشار MMP نفت مخزن با تزریق گاز سبک معادل psig ۴۳۷۸ تعیین شده بود. بنابراین آزمایش رسوب آسفالتین در فشار و دمای مخزن زیر حداقل فشار امتزاج و یک آزمایش بالاتر از فشار MMP نفت مخزن و گاز تزریقی سبک انجام شدند.

آزمایش‌های پنجم و ششم به منظور اندازه‌گیری رسوب آسفالتین و کل رسوب نفت مخزن به‌وسیله تزریق گاز سنگین (ترش) همراه مخزن در دمای °F ۲۳۷ و فشارهای ۴۲۲۳ و psig ۳۸۲۰ اجرا شدند. این فشارها هر دو کمتر از فشار MMP نفت مخزن و گاز تزریقی ترش بودند. جدول ۶ جزئیات این اندازه‌گیری‌ها را نشان می‌دهد. در این آزمایش‌ها مقدار رسوب آسفالتین و کل رسوب از آزمایش‌های تزریق گاز سبک در شرایط فشار و دمای مساوی کمتر بود. شکل‌های شماره ۳ و ۴ تغییرهای رسوب آسفالتین و کل رسوب نفت مخزن را در فشارهای مختلف آزمایش شده برای گازهای سبک (شیرین) و سنگین (ترش) نشان می‌دهد. در آزمایش‌های انجام شده مقدار رسوب آسفالتین در دما و فشار مساوی در اثر تزریق گاز شیرین بیشتر از تزریق گاز ترش بود. بنابراین می‌توان جهت تزریق از گاز ترش استفاده نمود تا کمتر مشکل آسیب دیدگی سازند ایجاد شود. مقدار رسوب آسفالتین و رسوبات غیرآسفالتینی نفت مخزن در اثر تزریق گاز ترش و یا شیرین در دمای °F ۲۳۷ در فشارهای پایین، بیشتر از فشارهای بالاتر بود. فشار همه آزمایش‌ها بالای فشار نقطه حباب نفت مخزن بود. رسوب‌های غیر آسفالتینی که با افت دما به‌وجود می‌آمدند در آزمایش‌های مختلف بین یک تا سه برابر بیشتر از مقدار رسوب آسفالتین و رسوب‌های غیرآسفالتینی در فشارهای بالاتر بود. همچنین همانطور که در این شکل‌ها مشخص است وقتی فشار از فشار MMP بیشتر می‌شود میزان رسوب کاهش می‌یابد بنابراین برای اینکه در اثر تزریق گاز جهت ازدیاد برداشت مشکل رسوب آسفالتین ایجاد نشود باید فشار تزریق بیشتر از فشار کمینه امتزاج پذیری باشد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله به منظور تعیین مقدار رسوب آسفالتین در اثر تزریق گاز شیرین و گاز ترش همراه نفت، چندین آزمایش جابه جایی نفت

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ٤ـ مقایسه رسوبات آسفالتینی ـ غیر آسفالتینی و کل رسوب حاصل از تزریق گاز سبک به نفت در و دمای ۲۳۷°F.

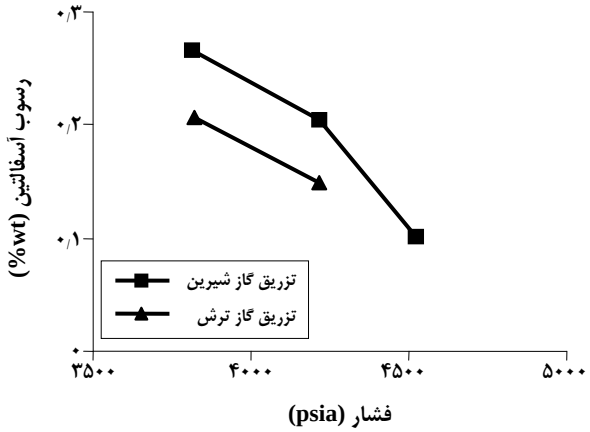
کل رسوب (wt%)	کل رسوب آسفالتین (wt%)	رسوب غیرآسفالتینی در داخل صافی (wt%)	رسوب آسفالتین در داخل صافی (wt%)	رسوب آسفالتین لوله قلمی (wt%)	فشار (psia)
۰/۲۷۷	۰/۲۷۷	–	۰/۰۶۹	۰/۲۰۸	۴۵۲۳
۰/۷۰۲	۰/۲۷۰	۰/۴۳۲	۰/۰۶۷	۰/۲۰۳	۴۲۲۰

جدول ۵ ـ اثر فشار بر روی میزان رسوبات آسفالتینی ـ غیرآسفالتینی و کل رسوب حاصل از تزریق گاز سبک (گاز شیرین) و دمای ۲۳۷°F.

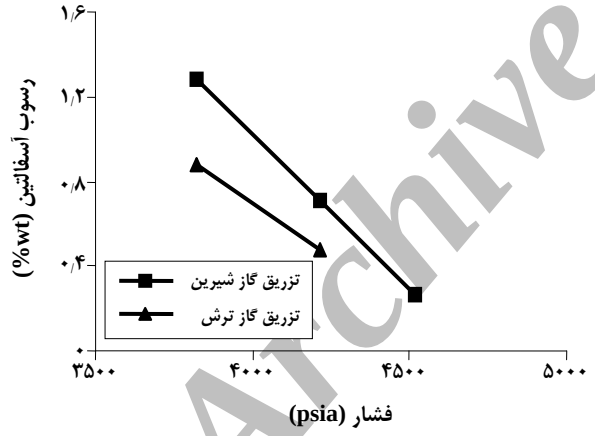
کل رسوب (wt%)	کل رسوب آسفالتین (wt%)	رسوب غیرآسفالتینی در داخل صافی (wt%)	رسوب آسفالتین در داخل صافی (wt%)	رسوب آسفالتین لوله قلمی (wt%)	فشار (psia)
۰/۲۶۰	۰/۱۳۲	۰/۱۲۸	۰/۰۳۳	۰/۰۹۹	۴۵۲۳
۰/۷۰۲	۰/۲۷۰	۰/۴۳۲	۰/۰۶۷	۰/۲۰۳	۴۲۲۰
۱/۲۷۲	۰/۳۵۴	۰/۹۱۸	۰/۰۸۸	۰/۲۶۶	۳۸۲۳

جدول ٦ـ اثر فشار بر روی میزان رسوبات آسفالتینی ـ غیرآسفالتینی و کل رسوب حاصل از تزریق گاز ترش (همراه نفت مخزن) و دمای ۲۳۷°F.

کل رسوب (wt%)	کل رسوب آسفالتین (wt%)	رسوب غیرآسفالتینی در داخل صافی (wt%)	رسوب آسفالتین در داخل صافی (wt%)	رسوب آسفالتین لوله قلمی (wt%)	فشار (psia)
۰/۴۷۵	۰/۱۹۷	۰/۲۷۸	۰/۰۴۹	۰/۱۴۸	۴۲۲۳
۰/۸۷۶	۰/۲۷۴	۰/۶۰۲	۰/۰۶۸	۰/۲۰۶	۳۸۲۰



شکل ۲ـ تغییرهای رسوب آسفالتین نفت مخزن با تزریق دو گاز شیرین و ترش در دمای مخزن و فشارهای مختلف.



شکل ۳ـ تغییرهای کل رسوبات نفت مخزن با تزریق دو گاز شیرین و ترش در دمای مخزن و فشارهای مختلف.

به‌وسیله گاز در دمای مخزن و فشارهای متفاوت در محیط متخلخل انجام شد و نتیجه‌های آزمایش‌ها نشان داد که در اثر تزریق گاز ترش میزان رسوب کمتری ایجاد می‌شود و نتیجه مهم دیگر آزمایش‌ها این بود که وقتی فشار از فشار MMP بیشتر می‌شود میزان رسوب کاهش می‌یابد، در هیچ‌یک از آزمایش‌های جابه‌جایی مغزه نگهدار و لوله قلمی گرفتگی محیط متخلخل به‌واسطه رسوب آسفالتین مشاهده نشد. آزمایش‌های اولیه جابه‌جایی نفت به‌وسیله گاز تزریقی با بکارگیری نمونه نفت ته چاهی به‌عمل آمد ولی آزمایش‌های بعدی اندازه‌گیری رسوب آسفالتین با به‌کارگیری نفت تهیه شده از نمونه‌های نفت و گاز سرچاهی بوده است

Archive of SID
www.SID.ir

و در دو حالت مقدار رسوب آسفالتین اندازه‌گیری شده با هم اختلافی نداشتند. بنابراین برای اینکه در اثر تزریق گاز جهت ازدیاد برداشت مشکل رسوب آسفالتین ایجاد نشود می‌توان از گاز ترش و همچنین فشار تزریق بیشتر از فشار مینیمم امتزاج پذیری استفاده نمود.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۷/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۲/۲۰

مراجع

[1] Mei H., Kong X., Zhang M., Sun L., Li S., Sun L., A Thermodynamic Modelling Method for Organic Solid Precipitation. *SPE 56675*, (1999).

[2] Wu J., Prausnitz J.M., Firooozabadi, A., Molecular-Thermodynamic Framework for Asphaltene-Oil Equilibria. *AIChE Journal*, **44**(5), p. 1188 (1998).

[3] Wu J., Prausnitz J.M., Firooozabadi, A., Molecular Thermodynamics of Asphaltene Precipitation in Reservoir Fluids, *AIChE Journal*, **46**(1), p. 197 (2000).

[4] Nghiem L.X., Kohse B.F., Ali S.M.F., Doan Q., Asphaltene Precipitation: Phase Behaviour Modelling and Compositional Simulation. *SPE 59432*, (2000).

[5] Pina A., Mougin P., Béhar E., Characterisation of Asphaltenes and Modelling of Flocculation - State of the Art. *Oil & Gas Science and Technology Rev. IFP*, **61**(3), p. 319 (2006).

[6] Qin X., Wang P., Sepehrnoori K., Pope G.A., Modeling Asphaltene Precipitation in Reservoir Simulation. *Ind. Eng. Chem. Res*., **39**(8), p. 2644 (2000).

[7] Sabbagh O., "An EOS Approach for Modeling Asphaltene Precipitation in Departement of Chemical and Petroleum Engineering", MSc Thesis, University of Calgary: Calgary, Alberta (2004).

[8] Szeoke J.A., "The Onset of Asphaltene Precipitation in Blends of Bitumen with Crude Oils and Distillates", PhD Dissertation, Department of Chemical and Petroleum Engineering, University of Calgary: Calgary, Alberta (2007).

[9] Szewczyk V., Behar E., Compositional Model for Predicting Asphaltenes Flocculation, *Fluid Phase Equilibria*, **158-160**, p. 459 (1999).

[10] Verdier S., "Experimental Study and Modelling of Asphaltene Precipitation Caused by Gas Injection", PhD Dissertation, Department of Chemical Engineering Center for Phase Equilibria and Separation Processes, Technical University of Denmark: Lyngby, Denmark (2006).

[11] Wang S., "Simulation of Asphaltene Deposition in Petroleum Reservoir During Primary Oil Recovery", PhD Dissertation, Department of Petroleum and Geological Engineering, University of Oklahoma: Norman, Oklahoma (2000).

[12] Minssieux L., Core Damage from Crude Asphaltene Deposition, *SPE 37250*, (1997).

[13] Ali M.A., Islam M.R., The Effect of Asphaltene Precipitation on Carbonate-Rock Permeability: An Experimental and Numerical Approach. *SPE Production & Facilities*, *50968*, (1998).

[14] K. Srivastava R., S. Huang S., Asphaltene Deposition During CO_2 Flooding: A Laboratory Assessment. *SPE 37468*, (1997).

[15] Verdier S., Carrier H., Andersen S.I., Daridon J.L., Study of Pressure and Temperature Effects on Asphaltene Stability in Presence of CO2 *Energy and Fuels*, **20**(4), p. 1584 (2006).

Archive of SID
www.SID.ir