

مقایسه فرایند تزریق گاز امتزاجی و غیرامتزاجی از دیدگاه آسیب سازند و مشخصه‌های جابجایی در محیط متخلخل

مهدی جعفری، هادی باقرزاده*، محمد حشمتی

تهران، پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشکده مهندسی نفت، واحد مطالعات ازدیاد برداشت نفت

پیام نگار: bagherzadehh@ripi.ir

چکیده

در این پژوهش به بررسی تاثیر نشست آسفالتین در اثر تزریق گاز همراه (امتزاجی/غیرامتزاجی) بر روی خواص سنگ، تزریق پذیری گاز و آسیب سازند در یکی از میدان‌های نفتی جنوب غربی ایران پرداخته می‌شود، همچنین مشخصه‌های جابجایی نظیر نسبت گاز به نفت، زمان میان‌شکنی و میزان بازیافت نفت در این فرایند مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. با توجه به نتایج آزمایش‌ها درصد کاهش نفوذپذیری در اثر تزریق گاز امتزاجی و غیرامتزاجی برای این میدان قابل ملاحظه نیست. لذا بر اساس داده‌های آزمایشگاهی و نتایج حاصل از آن می‌توان گفت تزریق گاز بر روی این سازند از نقطه نظر تشکیل آسفالتین و آسیب سازند، محدودیت و مشکل خاصی ایجاد نخواهد کرد. میزان بازیافت نهایی نفت برای تزریق امتزاجی حدود ۷۳٪ و برای تزریق غیر امتزاجی حدود ۶۶٪ است. اعداد حاصله برای بازیافت نفت در مقیاس مغزه، بازیافت میکروسکوپی است و نمی‌توان چنین اعدادی را به مخزن نسبت داد و برای بدست آوردن بازیافت نفت در مقیاس مخزن باید بازدهی حجمی را نیز در نظر گرفت.

کلمات کلیدی: تزریق گاز، (امتزاجی/غیرامتزاجی)، تشکیل آسفالتین، آسیب سازند، بازیافت نفت

۱- مقدمه

در فرایند تزریق گاز، انواع مختلفی از گازها مورد استفاده قرار می‌گیرند که می‌توان آن‌ها را به دو بخش، گازهای هیدروکربوری و گازهای غیرهیدروکربوری، تقسیم کرد [۱]. تزریق گاز به مخازن نفتی به دو صورت امتزاجی و غیرامتزاجی صورت می‌گیرد. در صورتی که فشار تزریق کمتر از حداقل فشار امتزاجی باشد گاز تنها نقش جابجاکننده نفت را خواهد داشت و در نفت حل نخواهد شد. برای جابجایی موثر نفت از درون منافذ سنگ باید تزریق بصورت امتزاجی انجام شود. در فرایندهای امتزاج پذیر، هدف، تزریق سیالی

امروزه روش‌های مختلفی برای افزایش بازیافت نفت در دنیا اجرا می‌شود که بنابر ویژگی‌های هر مخزن نفتی، با یکدیگر متفاوت‌اند. از این رو، به منظور یافتن روش بهینه برای افزایش بازیافت نفت از مخازن، بایستی مطالعات جامع انجام و سپس روش مناسب اعمال شود. در کشور ما بنابر شرایط موجود، تزریق گاز به مخازن نفتی برای بازیافت نفت، برای بیشتر مخازن کشور مناسب تشخیص داده شده است.

است که یا مستقیماً در نفت حل شود و یا در طول تغییر ترکیب در داخل مخزن به انحلال برسد. رفتار فازی یک فاکتور مهم در بکارگیری چنین فرایندهایی است [۲].

مکانیسم اصلی فرایند امتزاج پذیر، کاهش موینگی و گرانیروی سیالات مخزن به منظور تشکیل یک سیال، تکفاز می‌باشد. در تزریق امتزاجی سعی می‌شود که با حداقل حلال مصرفی، فازی به عنوان پیشرو ایجاد گردد تا متعاقب آن گاز با فشار بالا بتواند نفت را به سمت چاههای تولیدی هدایت نماید [۳].

در کنار مزایای فرایند تزریق گاز، مشکلاتی نیز وجود دارد، با تزریق گاز ممکن است آسفالتین شروع به توده‌شدگی و رسوب در خلل و فرج و گذرگاه‌های سنگ مخزن کند و آسیب‌های برگشت‌ناپذیر و شدیدی را به سازند وارد سازد [۴]. بنابراین ارزیابی این مشکل قبل از انجام عملیات میدانی ضروری بنظر می‌رسد.

تزریق گاز به محیط متخلخل در مطالعات قبلی مورد بررسی قرار گرفته است [۵-۸]. پادادیمیترو و همکاران [۵] به بررسی پدیده رسوب آسفالتین طی تزریق گاز در مغزه‌های ماسه‌سنگی پرداختند. بر اساس مشاهدات آن‌ها، نفوذپذیری مغزه‌ها بسته به ترکیب سیال، ساختار خلل و فرج محیط متخلخل و فاصله بین ورودی و خروجی مغزه از ۴۰٪ تا ۹۰٪ کاهش یافت. علاوه بر این، نواحی ورودی و خروجی مغزه بیشتر از ناحیه میانی تحت تأثیر رسوب قرار گرفتند. این نواحی کاهش تخلخل بیشتر و غلظت بالاتر آسفالتین را بعد از تزریق گاز نشان دادند. گذشته از این، منافذ بزرگتر نسبت به منافذ کوچکتر کمتر تحت تأثیر رسوب قرار گرفتند. همچنین آن‌ها نتیجه گرفتند که در یک سیستم دینامیک، آسفالتین‌های رسوب کرده توسط جریان رانده می‌شوند و ممکن است دوباره در نواحی تمیز مغزه رسوب کنند، و یا از خروجی مغزه خارج شوند.

موسوی دهقانی و همکاران [۶] در فرایند جابجایی نفت با گاز طبیعی در محیط متخلخل غیر مستحکم، به بررسی رسوب آسفالتین پرداختند. نتایج آزمون IP=143 نفت تولیدی را نشان می‌دهد میزان آسفالتین نفت تولیدی تا تزریق حدود $PV \frac{0}{6}$ گاز تغییر نمی‌کند بعد از آن میزان آسفالتین نفت خروجی کاهش می‌یابد، و با تزریق بیشتر گاز، کاهش شدیدی در میزان آسفالتین نفت خروجی مشاهده می‌شود که نشانگر تشکیل و رسوب آسفالتین در محیط متخلخل در نتیجه تزریق گاز است. همچنین نتایج مقدار آسفالتین رسوب کرده بر روی نمونه ماسه‌سنگی کمتر از نمونه

کربناتی بوده است.

باقری و همکاران [۷] رسوب آسفالتین را در مغزه‌های ماسه سنگی در شرایط تزریق CO_2 و گاز هیدروکربنی مطالعه کردند. آزمایش‌ها بصورت تزریق همزمان نفت ترکیبی و گاز انجام گرفت. نتایج نشان داد که افزایش درصد مولی گاز تزریقی سبب افت فشار بیشتر در طول مغزه می‌گردد که خود به معنی رسوب بیشتر آسفالتین در محیط متخلخل است. آزمایش‌های مشابهی برای گاز دی‌اکسید کربن انجام شد. نتایج، بیانگر تولید رسوب بیشتری در زمان تزریق گاز هیدروکربنی بود. همچنین افزایش شدت جریان در هنگام تولید طبیعی باعث افزایش رسوب و کاهش تراوایی نمونه‌های مغزه می‌گردد. نتایج حاصل از آزمایش‌ها در محیط متخلخل و در حضور تزریق گاز، بیانگر افزایش میزان رسوبات در کسر مولی گاز بالاتر در مخلوط می‌باشد.

ونگ و همکاران [۸]، میزان بازیافت نفت و کاهش تراوایی در فرایند تزریق CO_2 در یک مخزن ماسه‌سنگی متراکم را مورد مطالعه قرار دادند. ۹ آزمایش تزریق گاز CO_2 به مغزه در شرایط امتزاجی و غیر امتزاجی و به شکل فرایندهای بازیافت نفت خشک، ثانویه و ثالثیه انجام شد. در آزمون‌های تزریق CO_2 در فرایند بازیافت ثانویه نفت، برای حالت تزریق غیر امتزاجی، با افزایش فشار، میزان بازیافت نفت و کاهش تراوایی، هر دو، روند افزایشی داشتند و میزان آسفالتین نمونه نفت خروجی کاهش یافت. در حالت تزریق امتزاجی میزان بازیافت و کاهش تراوایی نسبت به حالت غیر امتزاجی بیشتر بود ولی با افزایش فشار، میزان بازیافت و کاهش تراوایی کمتر گردید. بیشترین میزان کاهش تراوایی مغزه در تزریق CO_2 در فرایند بازیافت ثالثیه نفت مشاهده شد و بازیافت نفت نیز مقدار کمتری را در مقایسه با تزریق CO_2 در فرایند بازیافت ثانویه نفت داشت. برای فرایند بازیافت نفت خشک، بازیافت نفت و میزان کاهش تراوایی در محدوده تزریق CO_2 در فرایند بازیافت ثانویه نفت بود.

در این مقاله فرایند تزریق گاز همراه به دو صورت امتزاجی و غیر امتزاجی در یکی از مخازن جنوب غربی کشور از نقطه نظر میزان بازیافت نفت و تغییر در خواص سنگ و آسیب سازند به دلیل تشکیل و رسوب آسفالتین در مقیاس مغزه مورد مطالعه قرار گرفته است.

۲- دستگاه آزمایش

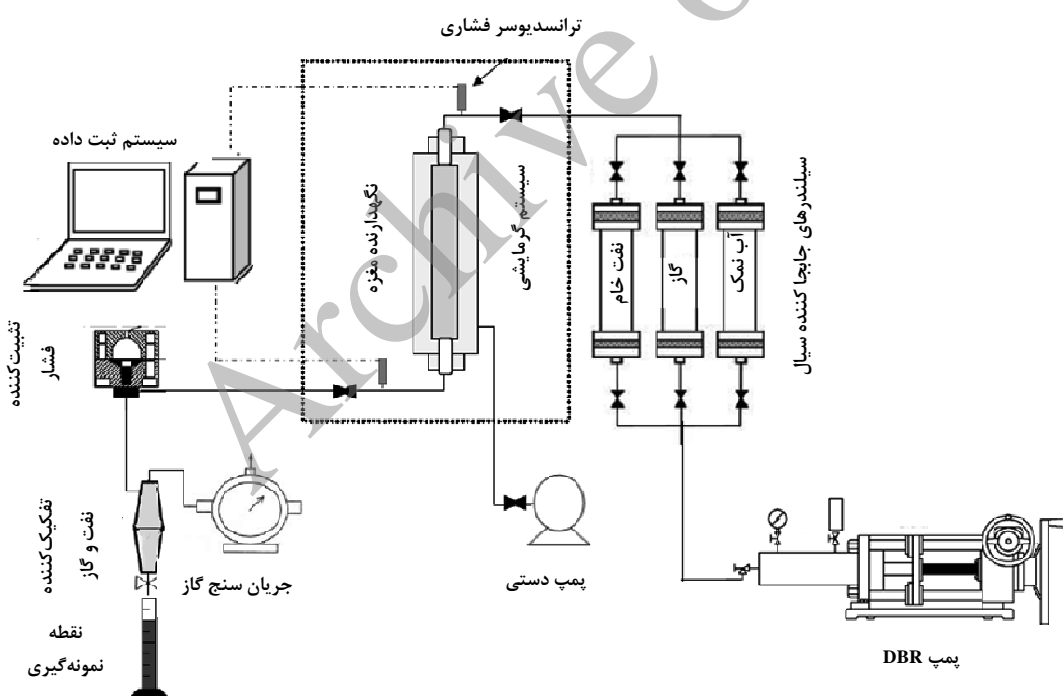
اقتصادی بسیار هزینه بر و از نظر زمانی ممکن است بنا به دلایل متعدد بسیار وقت گیر می‌باشد. از اینرو معمولاً در آزمایشگاه از نفت ترکیبی بجای نفت زنده استفاده می‌شود. برای این منظور باید ترکیب اولیه نفت مخزن را در دسترس داشت. در این کار نیز نفت ترکیبی بکار گرفته شده است. برای ساخت نفت ترکیبی از نفت و گاز تفکیک کننده استفاده گردید. ترکیب نفت مخزن در جدول (۱) ارائه شده است. همچنین ترکیب گاز تزریقی که گاز همراه نفت می‌باشد در جدول (۲) گنجانده شده است. نتایج آنالیز سارا بر روی نمونه نفت در جدول (۳) گزارش شده است. میزان آسفالتین نفت حدود ۰/۱۵ درصد وزنی است و نسبت وزنی رزین به آسفالتین آن ۲۴ است.

برای انجام آزمایش‌ها دو نمونه سنگ مخزن که از نظر خواص پتروفیزیکی نزدیک به هم می‌باشند، انتخاب شدند. تصاویر مغزه‌ها قبل از آزمایش در شکل (۲) نشان داده شده است. همچنین خصوصیات مغزه‌ها در جدول (۴) آورده شده است.

دستگاه مورد استفاده در این پژوهش، سیستم تزریق سیال در مدل فیزیکی مغزه است که جهت انجام آزمایش‌ها بر روی مغزه تحت دما و فشار بالا طراحی شده است. این دستگاه شامل یک پمپ DBR با قابلیت تزریق در شدت جریان و فشار ثابت، نگهدارنده مغزه، سیستم گرمایشی، سه سیلندر جابجاکننده سیال، تثبیت کننده فشار، پمپ دستی اعمال فشار هیدرولیکی خارجی در اطراف مغزه، ترانسدیوسرهای فشار، تفکیک کننده نفت و گاز، جریان سنج و در نهایت، سیستم ثبت داده شده می‌باشد. طرح اجمالی دستگاه تزریق گاز استفاده شده در آزمایش‌ها در شکل (۱) نمایش داده شده است.

۳- مواد آزمایش

این پژوهش بر روی یکی از میدان نفتی جنوب غربی کشور انجام شده است. نفت مخزن مورد مطالعه دارای مشخصات API ۳۳/۸۹ و فشار اشباع ۳۸۵۹ psi می‌باشد. دسترسی به نفت زنده مخزن از نظر



شکل ۱- طرح اجمالی دستگاه تزریق گاز

جدول ۱- ترکیب نفت مخزن

اجزاء	درصد مولی
H ₂ S	۰/۲۷
N ₂	۰/۰۷
CO ₂	۲/۹۵
C ₁	۴۹/۰۱
C ₂	۸/۲۸
C ₃	۵/۵۴
iC ₄	۱/۰۱
nC ₄	۲/۵۵
iC ₅	۰/۷۴
nC ₅	۰/۸۲
C ₆	۳/۱۸
C ₇	۲/۵۷
C ₈	۲/۶۴
C ₉	۲/۲۷
C ₁₀	۲/۱۷
C ₁₁	۱/۴۷
C ₁₂ ⁺	۱۴/۴۶
مجموع	۱۰۰
نسبت گاز به نفت (SCF/STB)	۱۵۸۳
جرم مولکولی جزء C ₁₂ ⁺	۲۸۱
جرم مولکولی نفت مخزن	۷۴
وزن مخصوص جزء C ₁₂ ⁺ در (۶۰/۶۰ F)	۰/۸۸۷۴

جدول ۲- ترکیب گاز همراه

اجزاء	درصد مولی
H ₂ S	۰/۳۷
N ₂	۰/۱۰
CO ₂	۴/۱۳
C ₁	۶۸/۷۶
C ₂	۱۱/۵۶
C ₃	۷/۲۶
iC ₄	۱/۱۹
nC ₄	۲/۹۶
iC ₅	۰/۸۷
nC ₅	۱/۰۰
C ₆	۰/۹۸
C ₇	۰/۵۶
C ₈	۰/۲۲
C ₉	۰/۰۳
C ₁₀	۰/۰۰

جدول ۳- نتایج آنالیز سارا

اشباع (درصد وزنی)	آروماتیک (درصد وزنی)	رزین (درصد وزنی)	آسفالتین (درصد وزنی)
۸۰/۰۵	۱۶/۲	۳/۶	۰/۱۵

جدول ۴- مشخصات نمونه مغزه‌های استفاده شده در

آزمایش‌های تزریق

شماره مغزه	عمق نمونه‌گیری (m)	وزن (gr)	طول (cm)	قطر (cm)	تخلخل (%)	نفوذ پذیری گاز (ml)
۱	۴۴۷۲/۵۲۴	۲۱۴/۲۶۶	۸/۳۴۵	۳/۸۸۶	۱۹/۵۵۷	۵/۴۶۷
۲	۴۴۷۲/۹۱۰	۲۲۱/۳۵۵	۸/۶۲۵	۳/۸۸۹	۲۰/۱۵۲	۵/۰۴۱

۴- شرح انجام آزمایش‌ها

در این تحقیق، سه آزمایش تزریق گاز طراحی شده است که دو آزمایش در شرایط امتزاجی با شرایط مشابه و یک آزمون در شرایط



مغزه #۳

مغزه #۲

مغزه #۱

شکل ۲- تصاویر مغزه‌های استفاده شده در آزمایش‌ها

بعد از انجام هر آزمایش تزریق گاز، مغزه آغشته به نفت و آسفالتین باید شسته شود تا در آزمایش بعدی مورد استفاده قرار گیرد. برای انجام این کار از یک سوکسله استفاده می‌شود و مغزه توسط تولوئن و متانول شسته می‌شود.

جدول ۵- شرایط آزمایشات تزریق گاز.

شماره آزمایش	نوع آزمایش	شماره مغزه	فشار (psi)	دما (F)	نرخ تزریق (cc/hr)
۱	امتزاجی	۱	۵۲۰۰	۱۹۴	۶
۲	امتزاجی	۲	۵۲۰۰	۱۹۴	۶
۳	غیر امتزاجی	۱	۴۵۰۰	۱۹۴	۶

۵- نتایج آزمایشات و تحلیل

همانطور که قبلاً گفته شد در این کار دو آزمایش در شرایط امتزاجی با شرایط مشابه و یک آزمون در شرایط غیرامتزاجی انجام شد. آزمایش امتزاجی دوم با هدف بررسی صحت آزمایش اول انجام شده است. طبق آزمایش‌های لوله قلمی، حداقل فشار امتزاج گاز همراه و نفت میدان، فشار ۵۰۷۲ psi تعیین شد. بر این اساس، آزمایش‌های امتزاجی در فشاری بالاتر از این فشار طراحی شدند و آزمایش غیرامتزاجی در فشاری بین فشار اشباع و حداقل فشار امتزاجی انجام شد.

در تمامی آزمایش‌ها، افت فشار برای شدت جریان‌های مختلف نفت، قبل و بعد از تزریق گاز، ثبت می‌شوند. بر اساس داده‌های فشاری، میزان تراوایی مغزه قبل و بعد از تزریق محاسبه گردیده است. در جدول ۶ تراوایی مؤثر نفت قبل و بعد از تزریق نفت و میزان آسیب سازند ناشی از رسوب آسفالتین برای سه آزمایش آورده شده است. در آزمایش اول، میزان کاهش تراوایی ۱/۷۷٪ است. میزان کاهش تراوایی در آزمایش دوم ۱/۵۹٪ است که نزدیک به مقدار آزمایش قبلی است. در آزمایش غیرامتزاجی میزان آسیب تراوایی ۰/۲۳۶٪ می‌باشد و همانطور که انتظار می‌رود کمتر از میزان آسیب نسبت به آزمایشات تزریق امتزاجی است. ولی بطور کلی میزان آسیب سازند چه برای آزمون‌های امتزاجی و چه غیرامتزاجی قابل ملاحظه نیست. به منظور بررسی کیفی میزان نشست آسفالتین، از سطح ورودی و

غیرامتزاجی انجام پذیرفته است. در جدول (۵) شرایط مربوط به هر یک از آزمایش‌ها گنجانده شده است. در تمامی آزمایش‌هایی که بر روی مغزه انجام می‌شود در ابتدا تخلخل و نفوذپذیری مغزه به روش‌های متداول اندازه‌گیری می‌شود. پس از آماده سازی سیستم تزریق گاز، جهت رساندن دمای سیستم به دمای مخزن، نگهدارنده مغزه درون حمام دما قرار می‌گیرد. همزمان با تزریق آب سازند، فشار سیستم بوسیله یک تثبیت کننده فشار تا فشار مورد نظر افزایش داده می‌شود. پس از تثبیت دمای سیستم، تراوایی مطلق آب در شرایط دما و فشار بالا برای یک شدت جریان محاسبه و جهت رساندن اشباع مغزه به اشباع آب همزاد تزریق نفت ترکیبی به درون مغزه آغاز می‌شود. تزریق با شدت جریان کم تا زمانی که تنها نفت در خروجی مشاهده شود، ادامه می‌یابد. آب خروجی از مغزه جمع‌آوری و بطور دقیق اندازه‌گیری می‌شود و مقدار اشباع آب همزاد در مغزه محاسبه می‌گردد.

جهت اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری موثر نفت، تزریق نفت با سه شدت جریان مختلف تا ثابت شدن افت فشار دو سر مغزه به درون مغزه برای هر شدت جریان ادامه می‌یابد. افت فشار طی فرایند برای هر یک از این شدت جریان‌ها ثبت می‌گردد و با داشتن گرانشی نفت ترکیبی در شرایط تزریق، از رابطه داریسی میزان نفوذپذیری موثر نفت تعیین می‌شود. علاوه بر این، به منظور اندازه‌گیری میزان آسفالتین نفت تزریقی، یک نمونه نفت از خروجی برای آزمون (IP-143) گرفته می‌شود.

پس از اندازه‌گیری تراوایی موثر نفت، نگهدارنده مغزه جهت تزریق گاز بصورت عمودی در می‌آید، تا جابجایی نفت توسط گاز بصورت پایدار و پیوستونی صورت پذیرد. تزریق گاز با شدت جریان ثابت و پایین آغاز می‌گردد. طی فرایند تزریق، اختلاف فشار دو سر مغزه و میزان تولید نفت و گاز بصورت پیوسته اندازه‌گیری می‌شود و نمونه‌گیری سیال خروجی از مغزه انجام می‌شود. فرایند تزریق گاز تا زمانی که دیگر نفتی از مغزه خارج نگردد ادامه می‌یابد.

پس از اتمام فرایند تزریق گاز، نگهدارنده مغزه به حالت اولیه بازگردانده می‌شود و جهت اندازه‌گیری تراوایی موثر نهایی نفت، تزریق مجدد نفت به درون مغزه انجام می‌شود. در این مرحله نیز ابتدا گاز بطور کامل از مغزه خارج می‌گردد سپس با همان سه شدت جریان که تراوایی موثر اولیه نفت محاسبه شد، تزریق ادامه می‌یابد و تراوایی موثر نهایی نفت محاسبه می‌گردد.

می‌شوند. میزان آسفالتین این نمونه‌ها از طریق آزمون (IP-143) تعیین گردید که نتایج آن در جدول (۷) آورده شده است. همانطور که نتایج آزمون (IP-143) نشان می‌دهد میزان آسفالتین نمونه‌های خروجی تقریباً ثابت و برابر مقدار اولیه می‌باشد که بیانگر عدم نشت آسفالتین در درون مغزه در حین فرایند تزریق می‌باشد. این امر با عدم آسیب سازند طبق داده‌های فشاری ثبت شده نیز مطابقت دارد.

جدول ۷- نتایج آزمون (IP-143) برای آزمایش‌های تزریق گاز

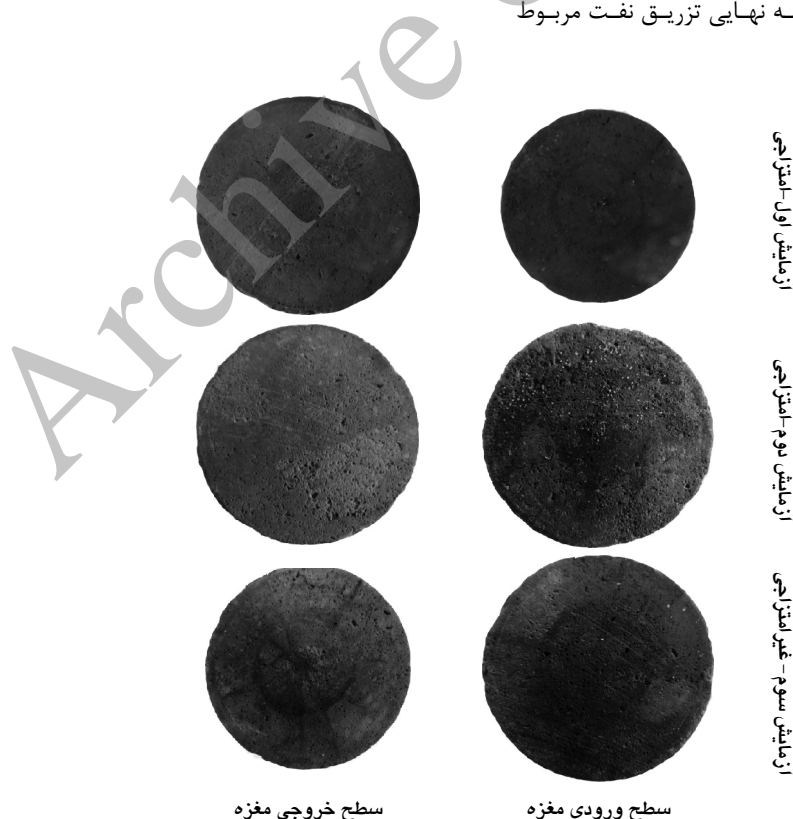
شماره آزمایش	نوع آزمایش	نمونه اول	نمونه دوم	نمونه سوم
۱	امتزاجی	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۳
۲	امتزاجی	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۲
۳	غیر امتزاجی	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۱

خروجی مغزه پس از فرایند تزریق گاز در هر آزمون عکسبرداری گردید (شکل (۳)) طبق تصاویر گرفته شده، در سطح ورودی مغزه رسوب آسفالتینی قابل مشاهده نیست.

جدول ۶- مقایسه نتایج کاهش تراوایی در فرایند تزریق گاز در آزمون‌های انجام شده

شماره آزمایش	نوع آزمایش	پیش از تزریق گاز K	پس از تزریق گاز K	DK (%)
۱	امتزاجی	۰/۷۶۱۳	۰/۷۴۸۰	۱/۷۷
۲	امتزاجی	۰/۶۴۹۹	۰/۶۳۹۷	۱/۵۹
۳	غیر امتزاجی	۰/۸۳۷۶	۰/۸۳۵۷	۰/۲۳۶

در طول فرایند تزریق گاز، از خروجی مغزه نمونه سیال گرفته شد، نمونه اول از نفت تزریقی در مرحله اندازه‌گیری تراوایی اولیه مؤثر نفت گرفته شده است. نمونه دوم در مرحله تزریق گاز جمع‌آوری گردیده و نمونه‌های سوم به مرحله نهایی تزریق نفت مربوط

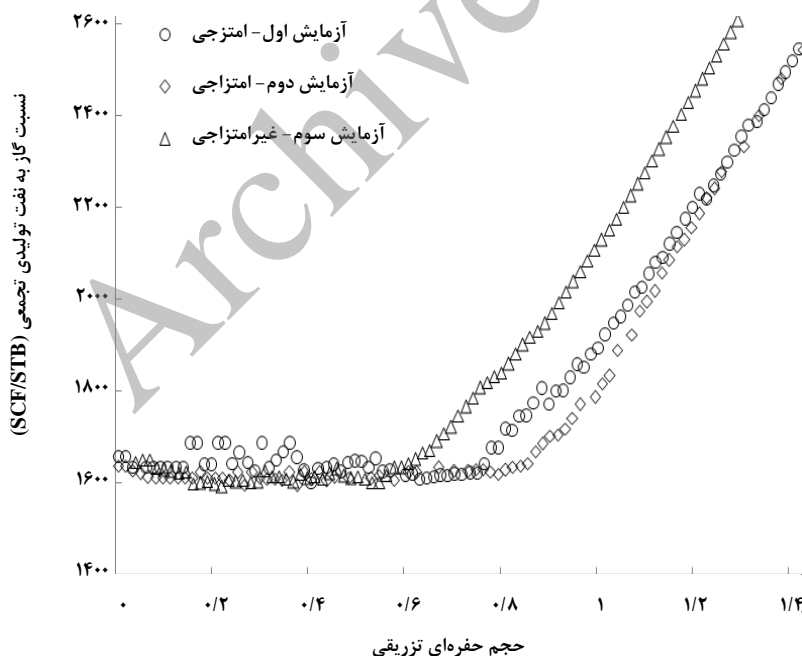


شکل ۳- تصاویر سطوح ورودی و خروجی مغزه پس از فرایند تزریق گاز در آزمایش غیرامتزاجی

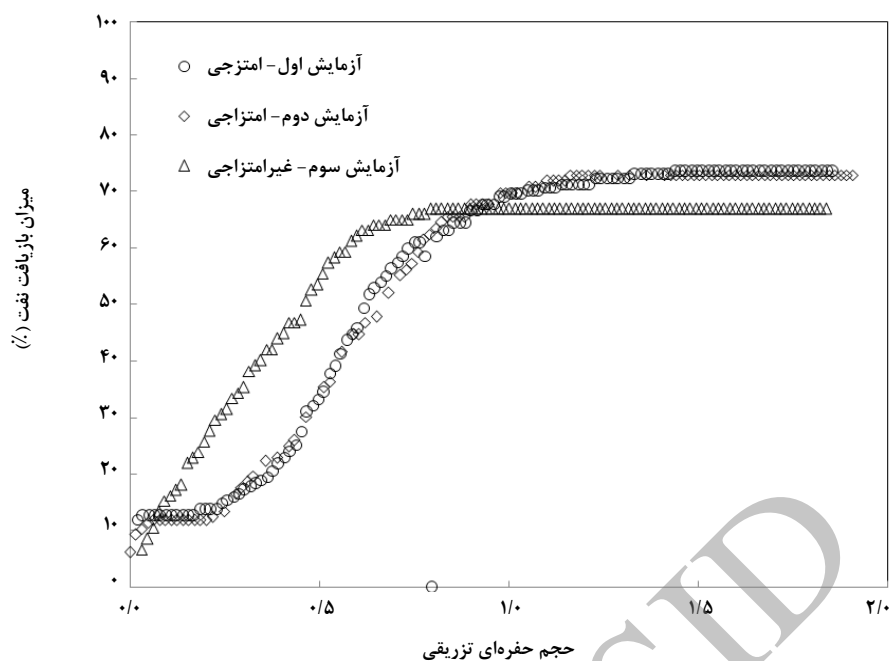
سنگ‌های آب‌دوست در حالت امتزاجی و غیر امتزاجی نزدیک به یکدیگر است زیرا در سنگ‌های آب‌دوست، نفت در منافذ بزرگ حضور دارد و منافذ کوچک را آب اشغال کرده است از اینرو بازیافت نفت تنها حاصل جابجایی نفت از منافذ بزرگ است و چون نفتی در منافذ ریز وجود ندارد بحث انحلال گاز در نفت و تورم آن و خروج نفت از منافذ ریز مطرح نیست. در آزمایش‌ها انجام گرفته، با توجه به اینکه نمونه مغزه‌ها قبل از انجام آزمایش‌ها شستشو داده شدند، تمامی نمونه‌ها آب‌دوست هستند و بر اساس دلیل ذکر شده در بالا میزان بازیافت نفت در آزمایش‌های امتزاجی با غیر امتزاجی تفاوت بسیار زیادی با یکدیگر ندارند [۹]. اعداد بدست آمده برای بازیافت در مقیاس مغزه، بازیافت میکروسکوپی است و نمی‌توان چنین اعدادی را به مخزن نسبت داد زیرا در مخزن بدلیل وجود ناهمگنی و پدیده‌های ثقلی درون مخزن، تمام نواحی مخزن روبش نمی‌شود و برای بدست آوردن میزان بازیافت باید بازیافت میکروسکوپی را در بازدهی حجمی ضرب کرد [۱۰].

در شکل (۴)، GOR تولیدی تجمعی در سه آزمایش با یکدیگر مقایسه شده‌اند. تا قبل از نقطه میان‌شکنی، GOR تولیدی برای تمامی آزمایش‌ها با یکدیگر برابر و مساوی مقدار اولیه گاز محلول در نفت ترکیبی می‌باشد. بعد از نقطه میان‌شکنی، GOR تولیدی با شیب تقریباً برابر برای آزمایش‌ها افزایش می‌یابد. برای آزمایش‌های امتزاجی، میان‌شکنی در آزمایش اول کمی زودتر از آزمایش دوم اتفاق افتاده است که دلیل آن بیشتر بودن اشباع اولیه آب در آزمایش اول است. همانطور که انتظار می‌رود نقطه میان‌شکنی برای آزمایش‌های امتزاجی دیرتر از آزمایش غیرامتزاجی اتفاق افتاده است.

میزان بازیافت نفت ثبت شده در طول فرایند تزریق گاز برای تمامی آزمایش‌ها در شکل (۵) نمایش داده شده است. برای دو آزمایش امتزاجی که در شرایط یکسان و بر روی دو سنگ تقریباً مشابه انجام شده، میزان بازیافت نفت نهایتاً به حدود ۷۳٪ می‌رسد و برای آزمایش غیر امتزاجی این مقدار کمتر و حدود ۶۶ درصد می‌باشد. با توجه به مطالعات کتابخانه‌ای، بازیافت نفت در فرایند تزریق گاز برای



شکل ۴- مقایسه GOR تولیدی تجمعی در فرایند تزریق گاز در آزمون‌های انجام شده



شکل ۵- مقایسه نتایج بازیافت نفت در فرایند تزریق گاز در آزمون‌های انجام شده

۶- بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، آسیب سازند و میزان بازیافت نفت در فرایند تزریق گاز همراه در یکی از مخازن جنوب غربی ایران مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور آزمایش‌های تزریق گاز امتزاجی و غیرامتزاجی بر روی نمونه مغزه‌های مخزن انجام گرفت. نتایج آزمایش‌ها بطور خلاصه به شرح زیر است:

همانطور که از نتایج بر می‌آید بنا بر انتظار درصد کاهش تراوایی برای آزمایش‌های امتزاجی بیشتر از آزمایش‌های غیر امتزاجی است. ولی بطور کلی درصد کاهش تراوایی در اثر تزریق گاز ناچیز است. نتایج (IP-143) از نمونه‌های خروجی از مغزه پس از فرایند تزریق گاز نیز این امر را تصدیق می‌کنند و عکس‌های گرفته شده از سطح مغزه نیز بطور کیفی بر این نکته صحنه می‌گذارد. صراحتاً می‌توان نتیجه گرفت که انجام تزریق گاز بر روی این سازند از نقطه نظر تشکیل آسفالتین و آسیب سازند، محدودیت و مشکل خاصی ایجاد نخواهد کرد.

همچنین بر اساس نتایج میزان بازیافت نفت، با توجه به یکسان بودن شرایط آزمایش‌های امتزاجی، میزان بازیافت نفت برای این دو آزمایش بسیار نزدیک به هم می‌باشد و نهایتاً بازیافت نهایی برای

آن‌ها به حدود ۷۳ درصد می‌رسد. بنا بر انتظار، میزان بازیافت نفت برای آزمایش غیر امتزاجی کمتر از آزمایش‌های امتزاجی است و بازیافت نهایی به حدود ۶۶٪ می‌رسد. اعداد حاصله برای بازیافت نفت در مقیاس مغزه، بازیافت میکروسکوپی است و نمی‌توان چنین اعدادی را به مخزن نسبت داد و برای بدست آوردن بازیافت نفت در مقیاس مخزن باید بازدهی جمعی را نیز لحاظ نمود.

مراجع

- [۱] علی‌مردان، م.، جنت شریفی، ا.، تسلیمی، م. "بررسی جنبه‌های مختلف تزریق گاز در میداین نفتی کشور"، ششمین همایش ملی انرژی، خرداد (۱۳۸۶).
- [2] Al-Anazi, B. D., "Enhanced Oil Recovery Techniques and Nitrogen Injection", Canadian Society of Exploration Geophysicists (CSEG), (2007).
- [3] Green, D. W., Willhite, G.P., "Enhanced Oil Recovery", SPE textbook series, Vol. 6, 186-210, Society of Petroleum Engineers, Richardson, Texas, (1998).
- [4] Leontaritis, K. J., "Asphaltene Deposition: A Comprehensive Description of Problem Manifestations and Modeling Approaches", SPE Paper 18892-MS, (1989).

- [5] Papadimitriou, N. I., Romanos, G. E., Charalambopoulou, G. C., Kainourgiakis, M. E., Katsaros, F. K., and Stubos, A. K., "Experimental investigation of asphaltene deposition mechanism during oil flow in core samples", Elsevier, (2007).
- [6] Mousavi Dehghani, S. A., Vafaie Sefti, M., Mirzayi, M. B., Fasih, M., "Experimental Investigation on Asphaltene Deposition in Porous Media during Miscible Gas Injection", Iran J. Chem. Eng, Vol. 26, No. 4, (2007).
- [7] Bagheri, M.B., Kharrat, R. and Ghotby, C., "Experimental Investigation of the Asphaltene Deposition Process during Different Production Schemes", Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP Energies nouvelles, (2011).
- [8] Wang, X., Gu, Y., "Oil Recovery and Permeability Reduction of A Tight Sandstone Reservoir in Immiscible and Miscible CO₂ Flooding Processes", Ind. Eng. Chem. Res., Vol. 50, No.4, 2388-2399, (2011).
- [9] Thomas, F.B., Okazawa, T., Erian, A., Zhou, X.L., Bennion, D. B., Bennion, D.W., "Does Miscibility Matter in Gas Injection?", Journal of Canadian Petroleum Technology (JCPT), Paper No. 95-51, (1995).
- [10] Shtepani, E., Thomas, F. B., Bennion, D. B., "New Approach in Gas Injection Miscible Processes Modelling in Compositional Simulation", Journal of Canadian Petroleum Technology (JCPT), Paper No. 06-08-01, (2006).

Archive of SID