Archive of SID

بررسی اثر اندازه دهانه، فاصله و تعداد شکاف‌ها بر میزان نفت برداشتی از مخازن دارای شکاف‌های افقی در سیلاب‌زنی با سورفکتانت آنیونی آمونیم نوکسی نول ۴ سولفات

جواهر معظمی نژاد[۱]، کبرا پورعبدالله قهفرخی[۲]،علی رستمی[۳]

دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا،گروه مهندسی شیمی

hmoazaminejad@yahoo.com

چکیده

مخازن شکافدار بخش عمده‌ای از مخازن هیدروکربوری کشور را تشکیل می‌دهند. تفاوت مخازن شکافدار و معمولی (بدون شکاف) آنچنان زیاد است که رفتار یک مخزن شکافدار به ندرت با رفتار یک مخزن معمولی تطابق دارد. وجود تخلخل دوگانه شامل محیط متخلخل (تخلخل زیاد/تراوایی کم) و شبکه شکاف‌ها (تخلخل کم /تراوایی زیاد) با خصوصیات فیزیکی متفاوت سبب شده است که ساختار این مخازن بسیار پیچیده‌تر از مخازن معمولی باشد. انواع مختلفی از روش-های ازدیاد برداشت در این نوع مخازن مورد آزمایش قرار گرفته است. یکی از این روش‌ها تزریق سورفکتانت در آب تزریقی به منظور کاهش کشش سطحی بین آب و نفت می‌باشد. در این پژوهش، از یک مخزن شکافدار شبیه‌سازی شده که در ابتدا از نفت اشباع شده برای مطالعه و بررسی اثر پارامترهای فیزیکی شکاف به هنگام تزریق سورفکتانت آنیونی آمونیم نوکسی نول ۴ سولفات استفاده شده است. تاثیر پارامترهای فیزیکی شکاف از قبیل اندازه دهانه، فاصله و تعداد شکاف در بازدهی فرآیند تزریق سورفکتانت مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش اندازه دهانه و تعداد شکاف میزان بازیافت نفت بیشتر می‌شود . همچنین مشاهده گردید افزایش فاصله بین شکاف‌ها باعث کاهش میزان برداشت نفت می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مخازن شکافدار، شکاف، تخلخل، تراوایی، سورفکتانت

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا

۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

مخازن شکافدار درصد مهمی از ذخایر و دبی تولیدی هیدروکربن را در سراسر جهان دارد. به طوری که تخمین زده می-شود حدود نیمی از ذخایر نفت دنیا در این مخازن شکافدار می‌باشد [۱]. همچنین بخش نسبتا بزرگی از نفت موجود در این مخازن سنگین بوده و به آسانی قابل استحصال نیست به همین دلیل ضریب بازیافت نفت برای اکثر مخازن هیدروکربوری ایران در حدود ۲۴ درصد گزارش شده است که این مقدار بسیار کمتر از ضریب بازیافت متداول نفت در جهان می‌باشد و با توجه به اینکه بیشتر مخازن ایران در نیمه دوم عمر خود قرار دارند و مرحله برداشت اولیه را پشت سر گذرانده‌اند، از این رو می‌توان گفت که در مخازن ایران، میزان نفت باقی‌مانده در یک مخزن هیدروکربوری نسبت به مقدار برداشت شده از آن بسیار زیاد است. اغلب این مخازن دارای شکاف‌هایی با هدایت هیدرولیکی[۱] بالا و ماتریکس[۲]هایی با تراوایی[۳] پایین می‌باشند [۲]. با توجه به این مسئله، افزایش بازیابی نفت از مخازن کربناته اهمیت زیادی یافته است و این در حالی است که اثر وجود شکاف در محیط متخلخل و پارامترهای فیزیکی شکاف در فرآیند تزریق سورفکتانت به نفت، در مراجع به خوبی مورد بررسی قرارنگرفته است.

فرآیندهای تزریق غیر امتزاجی حتی اگر بصورت کاملا موفق اجرا شوند ممکن است باعث شوند مقدار قابل ملاحظه‌ای از نفت بخاطر وجود نیروهای مویینگی در مخزن باقی بماند. لذا فرآیندهای تزریق امتزاجی بخاطر عدم وجود نیروهای مویینگی، در مقایسه با فرایندهای تزریق غیر امتزاجی، می توانند بسیار موثرتر باشند [۳]. با توجه به توانایی بالای سورفکتانت‌ها در کاهش کشش بین سطحی نفت و سنگ بستر که خود باعث کاهش نیروی موئینگی که مانعی برای خروج نفت از خلال منافذ سنگ بستر است، می‌شود و همچنین توانایی سورفکتانت‌ها در تغییر ترشوندگی سنگ مخزن که منجر به جدا شدن نفت از سطح سنگ‌ها می‌شود، این روش از بهترین روش‌های ازدیاد برداشت بوده در حالی‌که سایر روش‌ها بسیار پرهزینه می‌باشند [۴]. بنابراین با استفاده از غلظت کم سورفکتانت در آب تزریقی که سبب کاهش کشش سطحی[۴] بین آب و نفت و تغییر ترشوندگی[۵] سنگ مخزن به سمت آب- دوستی بیشتر می‌شود، بازیابی نفت افزایش می‌یابد [۵].

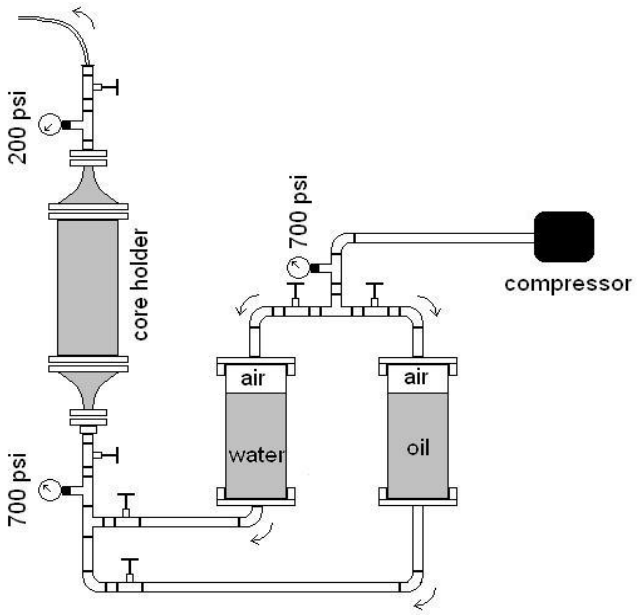
۲- وسایل و تجهیزات بکار رفته

مخزن مورد نظر با توجه به مخازن نفت بنگستان اهواز و گرفتن اطلاعات مورد نیاز از شرکت مناطق جنوب شبیه‌سازی شده است. کلیه دستگاه‌های بکار رفته در این آزمایش عبارتند از: core holder، مخزن آب، مخزن نفت، کمپرسور که بطور شماتیک در شکل نشان داده شده است. همچنین دستگاه لرزاننده[۶] والک های لازم جهت الک کردن خاک سیلیس مورد استفاده در core holder جهت ایجاد محیط متخلخل.

[1]- Hydraulic Conductivity
[2]- Matrix
[3]- Permeability
[4]- Interfacial Tension
[5]- Wettability Modification
[6]- shaker

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- طرح اجمالی از یک مخزن شکافدار شبیه‌سازی شده

۲-۱- مواد مورد استفاده

نفت مورد استفاده در این آزمایش‌ها از مخازن نفت بنگستان اهواز نمونه‌برداری شده که دارای درجه سبکی ۲۷ می‌باشد. سورفکتانت آنیونی آمونیم نوکسی نول ۴ سولفات به دلیل خواص سطحی مناسب، پایداری بالا، میزان جذب اندک بر روی سنگ مخازن نفتی و روش تولید مناسب اقتصادی جهت تزریق مورد استفاده قرار گرفته است. دلایل استفاده از سورفکتانت آنیونی همچنین از آب دریا برای حل شدن سورفکتانت در آن استفاده شده است.

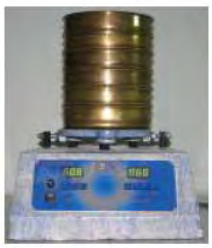
۲-۲- مراحل آماده‌سازی مخزن و اجرای آزمایش

قبل از انجام آزمایش، مراحل آماده‌سازی مخزن به شرح زیر اجرا شد:

بستن مخزن و انجام تست فشار، آماده‌سازی دانه‌های خاک سیلیس با اندازه مناسب برای رسیدن به تراوایی و تخلخل مورد نظر مخزن، انباشتن مخزن با دانه‌های خاک، اشباع‌سازی مخزن با نفت، نصب اتصالات و قرار دادن مخزن در مکان تعبیه شده به منظور انجام آزمایش.

۲-۲-۱- آماده‌سازی محیط متخلخل

پس از تست فشار و اطمینان از عدم نشتی مخزن، محیط متخلخل مورد نظر توسط دانه‌های خاک ایجاد شد. برای ایجاد محیط متخلخلی با تراوایی مناسب و دلخواه از دانه‌های خاک با اندازه مشخص استفاده شد. همچنین در این آزمایش از مش ۱۰۰-۷۰ استفاده شد. با استفاده از دستگاه الک که در شکل ۲ نشان داده شده است، توزیع مناسبی از ذرات جمع‌آوری شد و در مخزن مورد استفاده قرار گرفت.



www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲- چگونگی ایجاد توزیع متفاوتی از ذرات با استفاده از دستگاه الک

۲-۲-۲- انباشتن[1] مخزن با دانه‌های خاک

پس از مرحله الک کردن، مخزن آزمایشگاهی با دانه‌های خاک (که در بخش قبل توضیح داده شد) انباشته شد. برای یکنواختی و رسیدن به تراوایی و تخلخل مورد نظر، از لرزاننده استفاده گردید. دانه‌های خاک به آرامی وارد مخزن شده و به طور یکنواخت بر روی هم انباشته می‌شود و این کار تا پر شدن کامل مخزن ادامه می‌یابد.

۲-۲-۳- آماده‌سازی مخزن با دو شکاف افقی

برای بررسی اثر شکاف در مخزن در مقیاس آزمایشگاهی، باید شکافی ساخته شود که بتواند تمامی خصوصیات آن با شکاف واقعی در مخزن تطابق داشته باشد. از جمله خصوصیات شکاف این است که دارای تخلخل کم و تراوایی زیاد می‌باشد و از دو طرف به ماتریکس منتهی می‌شود. برای ساخت چنین مدلی در مقیاس آزمایشگاه، از دو قطعه پلکسی گلاس به طول ۳/۵cm و عرض ۳/۱cm و ضخامت ۳mm استفاده شده که بتواند در مخزن قرار گیرد. همچنین به منظور برقراری ارتباط بین ماتریکس و شکاف، بر روی این قطعات سوراخ‌هایی به قطر ۲mm ایجاد شد که فاصله مرکز به مرکز آن‌ها در حدود ۳/۵ mm می‌باشد.

به منظور ایجاد دهانه شکاف در اندازه مطلوب، از طلقی با اندازه‌های کوچک در بین دو قطعه پلکسی گلاس استفاده شد که در فواصل مختلف از یکدیگر قرار گرفتند تا در اثر فشار این فاصله تغییر نکند. ابتدا با استفاده از اطلاعات موجود و سپس با در نظر گرفتن شرایط آزمایش، اندازه دهانه شکاف تعیین شد. همچنین طبق جدول (۱) طول شکاف، تعداد شکاف و فاصله شکاف‌ها از یکدیگر تعیین شد:

جدول ۱- مشخصات فیزیکی شکاف

غلظت	فاصله شکاف	تعداد شکاف	اندازه دهانه شکاف	طول شکاف	شماره آزمایش
gr ۰/۲۵ Surfactant/liter	cm۱۰	۲	mm۰/۱	cm۳/۵	۱

به منظور جلوگیری از ورود دانه‌های خاک تشکیل‌دهنده محیط متخلخل به شکاف از توری‌هایی با مش ۱۰۰-۷۰ استفاده شد که به پلکسی گلاس چسبانده شدند. شکاف‌های آماده شده در داخل مخزن قرار گرفته و کاملا محکم شده‌اند.

پس از قرار دادن شکاف‌ها در داخل مخزن، مراحل بعدی نظیر تست فشار، پر کردن مخزن با دانه‌های خاک، اشباع‌سازی، اتصال قسمت‌های مختلف و ایجاد فشار در مخزن به مقدار مطلوب، هر یک به ترتیب و با دقت کافی انجام شد.

۲-۲-۴- تخلخل و تراوایی ماتریکس و شکاف‌های افقی

تخلخل ماتریکس با توجه به وزن، چگالی دانه‌های خاک و حجم مخزن و تراوایی آن با توجه به اندازه دانه‌های خاک بدست خواهد آمد.

تخلخل و تراوایی شکاف با داشتن طول و اندازه دهانه شکاف و بهره‌گیری از نمودارهای ریس[2] بدست خواهد آمد. در این آزمایش تخلخل و تراوایی ماتریکس و شکاف مطابق جدول (۲) بدست آمد:

[1]- Packing
[2] -Reiss

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقادیر تخلخل و تراوایی ماتریکس و شکاف

(Darcy) تراوایی شکاف	(Darcy) تراوایی ماتریکس	(٪) تخلخل شکاف	(٪) تخلخل ماتریکس	شماره آزمایش
۲/۵	۷	۰/۷	۳۵	۱

۲-۳- آماده‌سازی مخزن با شش شکاف افقی

برای انجام این آزمایش از شش شکاف افقی استفاده شد که پس از انجام محاسبات لازم طول و اندازه دهانه شکاف و فاصله بین دو شکاف در محدوده مورد نظر مشخص گردید که در جدول (۳) آورده شده است:

جدول ۳- مشخصات فیزیکی شکاف

غلظت	فاصله شکاف	تعداد شکاف	اندازه دهانه شکاف	طول شکاف	شماره آزمایش
gr ۰/۲۵ Surfactant/liter	cm۳	۶	mm۰/۲	cm۴/۵	۲

۲-۳-۱- تجهیزات و مراحل بکار رفته

تجهیزات و مراحل بکار رفته در این آزمایش نیز مانند آزمایش قبل می‌باشد.

۲-۳-۲- تخلخل و تراوایی ماتریکس و شکاف‌های افقی

مانند آزمایش قبل، تخلخل و تراوایی ماتریکس و شکاف محاسبه شده که نتایج در جدول (۴) آورده شده است:

جدول ۴- مقادیر تخلخل و تراوایی ماتریکس و شکاف

(Darcy) تراوایی شکاف	تراوایی ماتریکس	(٪) تخلخل شکاف	(٪) تخلخل ماتریکس	شماره آزمایش
۱۵	۷	۰/۷۵	۳۴/۴۸	۲

۳- نتایج آزمایش‌ها و بحث

در این مطالعه از سورفکتانت آنیونی آمونیم نوکسی نول ۴ سولفات برای جابجا کردن نفت استفاده شده است. سورفکتانت با غلظت‌های مختلفی به الگو تزریق شد و نتایج زیر بدست آمد:

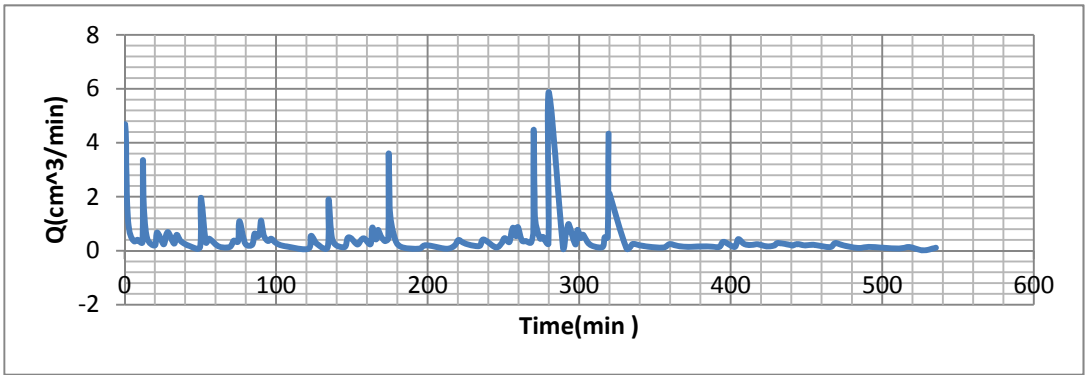
۳-۱- رسم نمودار دبی نفت تولیدی بر حسب زمان

۳-۱-۱- آزمایش اول

در این آزمایش زمان برداشت در حدود ۵۳۰ دقیقه بود و میزان نفت برداشتی نیز ۱۵۱ سانتی متر مکعب بود ، که نمودار دبی نفت تولیدی بر حسب زمان در شکل ۳ نشان داده شده است.

www.SID.ir

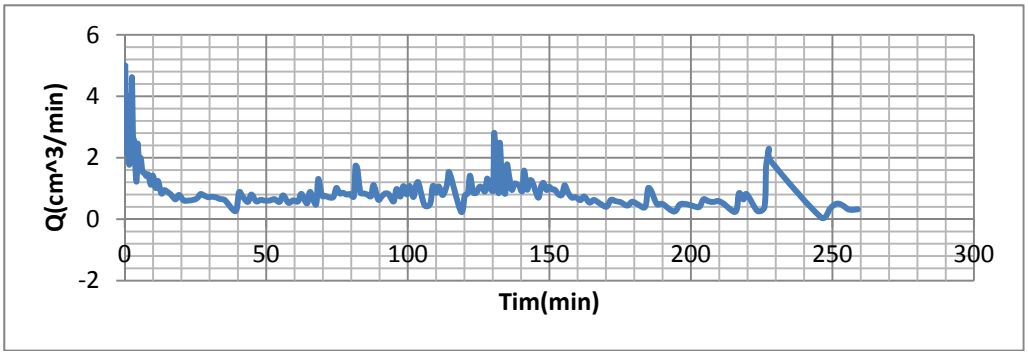
Archive of SID



شکل۳. دبی نفت تولیدی بر حسب زمان در تست ۱

۳-۱-۲- آزمایش دوم

در این آزمایش زمان برداشت در حدود ۲۶۰دقیقه بود و میزان نفت برداشتی نیز ۱۸۷ سانتی متر مکعب بود ، که نمودار دبی نفت تولیدی بر حسب زمان در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل۴. دبی نفت تولیدی بر حسب زمان در تست ۲

۳-۲- اثر تعداد شکاف

اثر تعداد شکاف بر میزان بازیافت نفت با استفاده از دو مدلی که یکی دارای دو شکاف و دیگری دارای۶ شکاف بوده است، بررسی گردید. میزان برداشت در آزمایش (۱) ۱۵۱ cc و در آزمایش (۲) ۱۸۷ cc بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت که هر چه تعداد شکاف بیشتر شود میزان بازیافت نیز بیشتر می‌شود.

۳-۳- اثر فاصله شکاف

برای بررسی اثر فاصله شکاف‌ها بر میزان بازیافت از دو مدل استفاده شده است که در مدل دو شکاف فاصله شکاف‌ها از یکدیگر ۱۰cm و در مدل شش شکاف فاصله شکاف‌ها از یکدیگر ۳cm می‌باشد. با توجه به نتایج، هر چه فاصله شکاف‌ها از یکدیگر بیشتر شود میزان بازیافت کاهش می‌یابد. علت، آن است که وقتی فاصله دو شکاف بیشتر می‌شود سورفکتانت موجود در شکاف برای نفوذ به نفت موجود در ماتریکس بین دو شکاف به زمان بیشتری نیاز دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۴- اثر اندازه دهانه شکاف

برای بررسی اثر اندازه دهانه شکاف بر میزان بازیافت از دو مدل استفاده شده است که در یک مدل اندازه دهانه ۰/۱mm و در مدل دیگر۰/۲ mm می‌باشد. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت که هر چه اندازه دهانه شکاف بیشتر شود میزان بازیافت نیز بیشتر می شود.

۴- نتیجه‌گیری

از مطالعه انجام شده در مورد فرآیند تزریق سورفکتانت به یک مخزن شکافدار اشباع شده از نفت، نتایجی به دست آمده است که به شرح زیر می‌باشند:

- در هر دو نمودار نوسانات در دقایق ابتدایی نسبت به دقایق بعدی بیشتر می‌باشد که دلیل آن ناپایدار بودن فرآیند در ابتدای آزمایش می‌باشد که رفته رفته با برداشت بیشتر نفت فرآیند پایدارتر شده و نوسانات نمودار دبی نفت تولیدی کمتر خواهد شد.
- در هر سه نمودار دبی نفت تولیدی در ابتدای فرآیند بالا می‌باشد که از مهم‌ترین دلایل آن می‌توان به اختلاف فشار زیاد در ابتدا اشاره کرد اما با گذشت زمان اختلاف فشار کمتر شده و دبی نفت تولیدی نیز کاهش خواهد یافت.
- تزریق سورفکتانت با هر غلظتی میزان بازیافت نفت را افزایش می‌دهد.
- هر چه تعداد شکاف بیشتر شود میزان بازیافت نفت بیشتر می‌شود.
- هر چه فاصله شکافها بیشتر شود میزان بازیافت کاهش می‌یابد.
- هر چه اندازه دهانه شکاف بیشتر شود میزان بازیافت نفت بیشتر می‌شود.

مراجع

[1] Strand, S., Hognesen, E. J. and Austad, T., (2006), Wettability Alteration in Carbonate-Effects of Potential Determining Ions (Ca^{2+} and SO_4^{2-}) and Temperature, Colloids and Surfaces A: Physicochem, Engineering, Aspects 275, PP 1-10.
[2] Duffield, A. R., Ramamurthy, R. S. and Campanelli, J. R., (2002), Surfactant Enhanced Mobilization of Mineral Oil within Porous Media, Journal of Water, Air and Soil Pollution, Volume 143, PP 111-122.
[3] Slobod, R. and Hewlett, E., (1963), The Effect of Gravity Segregation in Laboratory Studies of Miscible Displacement in rtical Unconsolidated Porous Media, SPE 743, Hudson Bay oil and gas company, Calgary.
[4] Gogarty, W. B., (1983), Enhanced Oil Recovery through the Use of Chemicals-Part 1, JPT, PP 1581-1590.
[5] Zeynep Atay, N., Yenigun, O. and Asutay, M., (2001), Sorption of Anionic Surfactants SDS, AOT and Cationic Surfactant Hyamine 1622 on Natural Soils, Journal of Water, Air and Soil Pollution 136, PP 55-67.

.

www.SID.ir