بسم الله الرحمن الرحيم

١٢٩٤٣

دانشگاه اصفهان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی شیمی

بررسی اثر غلظت مواد فعال سطحی در حضور کربنات سدیم بر تغییر ترشوندگی سنگ مخزن کربناته آغاجاری

استادان راهنما:

دکتر فخری سیدین آزاد

دکتر سید شهاب الدین آیت اللهی

پژوهشگر:

کاظم مکفا

۱۳۸۸/۱۰/۲۷

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
شعبه مدارک

مرداد ماه ۱۳۸۸

۱۲۹۹۴۳

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع
این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه اصفهان است.

این تحقیق با همکاری شرکت ملی مناطق
نفتخیز جنوب انجام شده است.

شیوه نگارش پایان نامه
رعایت شده است
تحصیلات تکمیلی دانشگاه اصفهان

دانشگاه اصفهان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی شیمی آقای کاظم مکفا

تحت عنوان

بررسی اثر مواد فعال سطحی در حضور کربنات سدیم بر تغییر ترشوندگی سنگ مخزن کربناته آغاجاری

در تاریخ ۸۸/۵/۱۰ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای اول پایان نامه دکتر فخری سیدین آزاد با مرتبه ی علمی دانشیار امضا

۲- استاد راهنمای دوم پایان نامه دکتر شهاب الدین آیت اللهی با مرتبه ی علمی استاد امضا

۲- استاد داور داخل گروه دکتر سید فواد آقامیری با مرتبه ی علمی استادیار امضا

۳- استاد داور خارج از گروه دکتر علیرضا فضلعلی با مرتبه ی علمی استادیار امضا

امضای مدیر گروه

از **خدای بزرگ و مهربان** که همیشه مرا در تمامی مراحل زندگیم یاری نموده و پناه اول و آخرم بوده سپاسگزارم، چرا که **هر چه دارم از اوست.**

اکنون که فصلی مهم و مؤثر از دفتر زندگیم به پایان می‌رسد بر خود لازم می‌دانم تشکر و قدردانی خود را از تمام کسانی که مرا در طول این مرحله یاری کرده‌اند ابراز دارم. در آغاز از **پدر و مادر مهربانم** که تمامی لحظات زندگی خود را مدیون گذشت‌ها و فداکاری‌های آنها هستم. از **خواهر و برادر خوبم** نیز به پاس تمامی محبت‌هایشان و از **همسر عزیزم** که در تمام طول این پایان نامه موجب دلگرمی من بود نیز سپاسگزارم.

از اساتید راهنمای عالیقدرم **خانم دکتر فخری سیدین آزاد** و **آقای دکتر سید شهاب الدین آیت اللهی** کمال تشکر را دارم که علی‌رغم حجم کاری فراوان اینجانب را از راهنمایی‌های سودمند خویش در طول انجام این پایان‌نامه بهره‌مند نمودند.

از تمام عزیزانی که مرا در انجام این رساله یاری کردند سپاس‌گزارم که در این میان باید از **آقای مهندس رامین روغنیان، آقای مهندس الیاس گلابی، خانم مهندس سیدی** و تمام عزیزان خوب و مهربان تیم ازدیاد برداشت نفت دانشگاه شیراز برای زحمات بی‌شائبه‌شان در طول این پایان‌نامه صمیمانه قدردانی کنم.

و از دوست، استاد مهربان و عزیزم **آقای مهندس مسعود متین فرد** به خاطر کمک‌های همه جانبه‌شان در طول انجام این پایان نامه و همچنین راهنمایی‌های تأثیر گذار و ارزنده‌شان در زندگی تشکر و سپاس ویژه دارم.

به امید آنکه توانسته باشم در این فرصت کوتاه یادگیری، سرمستی و نشاط برآمده از آموختن را در خود پایدار و استوار کرده و

باشد که اندیشه‌هایمان هرگز از شراب ناب آموختن تهی نگردد.

تقدیم به پدر دلسوزم

اسوه صبر و تلاش که با مشقت‌های فراوان زمینه تحصیل مرا مهیا نمود و روح آزاده زیستن را به من آموخت.

و مادر فداکارم

خورشید فروزان بردباری و مظهر پاکی و بی‌آلایشی که بخشش تمام هستی‌ام قطره‌ای در برابر ایثارش نخواهد شد.

به برادر و خواهرم

که در طول تحصیل حامیان همیشگی من بودند.

و تقدیم به تازه همراهم

همسر عزیز و مهربانم.

چکیده:

اثر غلظت و زمان ماندگاری سورفکتانت‌ها در حضور ماده‌ی آلکالینی کربنات سدیم روی تغییر ترشوندگی سنگ مخزن کربناته‌ی آغاجاری مورد بررسی قرار گرفت. برای انجام آزمایش‌ها، از سه سورفکتانت آنیونی سدیم دودسیل بنزن سولفونات، سورفکتانت کاتیونی دودسیل تری متیل آمونیوم بروماید و سورفکتانت غیریونی تریتون ایکس-صد و ماده آلکالینی کربنات سدیم استفاده شد. همچنین یک نمونه نفت خام، یک نمونه آب شور و دو نمونه سنگ مخزن کربناته (لایمستونی و دولومیتی) از میدان نفتی آغاجاری تهیه شد. جهت اندازه‌گیری تغییرات ترشوندگی سنگ مخزن از روش زاویه‌ی تماس استفاده شد. برای این منظور، پس از مراحل آماده سازی سنگ‌های لایمستونی و دولومیتی، محلول‌هایی با پایه‌ی آب شور با غلظت‌های مختلف سورفکتانت و کربنات سدیم برای سورفکتانت‌های آنیونی و غیریونی و غلظت‌های مختلف سورفکتانت بدون حضور کربنات سدیم برای سورفکتانت کاتیونی (به دلیل اثر منفی روی عملکرد سورفکتانت کاتیونی) ساخته شد. سنگ‌ها را درون این محلول ها گذاشته و پس از زمان‌های مختلف سنگ‌ها را از محلول‌ها بیرون آورده و پس از نشاندن یک قطره آب شور روی سطح سنگ، از قطره عکس گرفته و سپس زاویه‌ی آن با استفاده از نرم افزار اتوکد محاسبه گردید. برای اطمینان از تکرار پذیر بودن آزمایش‌ها، تمامی آزمایش‌ها ۲ بار انجام شد.

نتایج حاصله از این آزمایشات نشان داد که سورفکتانت غیریونی تریتون ایکس-صد توانایی بیشتری نسبت به سورفکتانت کاتیونی دودسیل تری متیل آمونیوم بروماید و سورفکتانت آنیونی سدیم دودسیل بنزن سولفونات در تغییر ترشوندگی سنگ مخزن به وضعیت آب دوستی دارد. همچنین زوایای تماس کوچک‌تر در محلول‌های سورفکتانتی با حضور کربنات سدیم نسبت به حالتی که در محلول‌ها از کربنات سدیم استفاده نشده بود نشان دهنده‌ی اثر مثبت کربنات سدیم در میزان تغییر ترشوندگی سنگ مخزن به حالت آب دوستی می‌باشد. از طرفی نتایج نشان داد که برای هر غلظت سورفکتانت آنیونی و غیریونی یک غلظت کربنات سدیم وجود دارد که در این غلظت، کمترین زاویه‌ی تماس (بیشترین تغییر ترشوندگی به وضعیت آب دوستی) مشاهده می‌شود.

بررسی اثر زمان ماندگاری سنگ‌های کربناته با محلول‌های سورفکتانت- آلکالین نشان داد که با افزایش زمان ماندگاری سنگ‌های کربناته در محلول، زاویه تماس کاهش یافته و ترشوندگی سنگ مخزن به وضعیت آب دوست نزدیک‌تر می‌شود. همچنین می‌توان به رفتار یکسان هر دو سنگ کربناته لایمستونی و دولومیتی با محلول‌های سورفکتانت- آلکالین اشاره کرد، به گونه‌ای که بهترین حالات تغییرات ترشوندگی با هر سه سورفکتانت مورد استفاده برای هر دو نمونه سنگ کربناته در یک غلظت مشابه از سورفکتانت و ماده‌ی آلکالینی کربنات سدیم روی داد. برای تعیین اجزای تشکیل دهنده‌ی سنگ‌های مخزن مورد استفاده در آزمایشات تغییر ترشوندگی، از سنگ‌های مورد استفاده، تست XRF گرفته شد.

در بخش دیگری از این تحقیق، آزمایش‌های بازیافت نفت باا هر کدام از سورفکتانت‌ها در شرایطی که منجر به بهترین حالت‌های تغییرات ترشوندگی سنگ مخزن در قسمت اندازه‌گیری زوایای تماس حاصل شده بود، انجام شد. برای

این منظور ۳ مغزه‌ی لایمستونی تهیه و پس از مراحل آماده سازی، مغزه‌ها درون سل‌های آموت که از محلول‌های ساخته شده پرشده بودند، قرار گرفتند و پس از گذشت زمان‌های مختلف میزان خروج نفت از مغزه‌ها یادداشت می‌شدند.

نتایج حاصله نشان داد که پس از ۱۴ روز، بازیافت نفت از مغزه‌ها برای محلول سورفکتانت غیریونی- آلکالین بیشتر از محلول‌های سورفکتانت کاتیونی و سورفکتانت آنیونی- آلکالین بود که این نتیجه با نتیجه‌ی حاصله از آزمایشات تغییر ترشوندگی با استفاده از روش زاویه‌ی تماس همخوانی و مطابقت داشت.

واژه‌های کلیدی: تغییر ترشوندگی، سورفکتانت، آلکالین، زاویه‌ی تماس، بازیافت نفت.

فهرست مطالب

عنوان - صفحه

فصل اول کلیات تحقیق

۱-۱-ترشوندگی..... ۲

۱-۱-۱- مفاهیم بنیادی ترشوندگی..... ۳

۱-۱-۲- جنبه‌های عملی ترشوندگی..... ۴

۱-۱-۳-طبقه بندی انواع ترشوندگی..... ۵

۱-۱-۳-۱- آب دوستی..... ۵

۱-۱-۳-۲- نفت دوستی..... ۵

۱-۱-۳-۳- ترشوندگی بینابینی..... ۶

۱-۱-۳-۴- ترشوندگی جزئی..... ۶

۱-۱-۳-۵- ترشوندگی مخلوط..... ۶

۱-۱-۴- اندازه‌گیری ترشوندگی سنگ مخزن..... ۷

۱-۱-۴-۱- روش اندازه‌گیری زاویه‌ی تماس..... ۸

۱-۱-۴-۲- نمونه‌های مغزه مورد استفاده جهت تعیین ترشوندگی..... ۹

۱-۱-۴-۳- تست آموت..... ۱۰

۱-۱-۴-۴- اصلاح تست آموت (تست آموت- هاروی) ۱۳

۱-۱-۴-۵- روش USBM ۱۵

۱-۱-۵- فاکتورهای مؤثر روی ترشوندگی اولیه سنگ مخزن..... ۱۷

۱-۱-۵-۱- ترکیب نفت مخزن..... ۱۸

۱-۱-۵-۲- ترکیب آب شور..... ۱۹

۱-۱-۵-۳- دما و فشار مخزن..... ۲۰

۱-۱-۵-۴- موقعیت نسبی تماس آب و نفت در مخزن..... ۲۱

۱-۱-۶- رابطه‌ی بین ترشوندگی و اشباع آب کاهش ناپذیر و اشباع نفت باقیمانده..... ۲۲

۱-۱-۶-۱- ترشوندگی و اشباع آب کاهش ناپذیر..... ۲۲

۱-۱-۶-۲- ترشوندگی و اشباع نفت باقیمانده..... ۲۴

۱-۲- استفاده از مواد شیمیایی برای ازدیاد برداشت نفت ۲۷

۱-۲-۱- عوامل مؤثر بر تغییر ترشوندگی با استفاده از سورفکتانت‌ها..... ۲۷

۱-۲-۱-۱- میزان شوری..... ۲۸

عنوان | صفحه

۱-۲-۱-۲- ترکیب نفت ۲۸
۱-۲-۱-۳- غلظت سورفکتانت ۲۸
۱-۲-۱-۴- pH ۲۹
۱-۲-۱-۵- دما ۲۹
۱-۲-۱-۶- غلظت آلکالین ۲۹
۱-۳- ساختار شیمیایی سورفکتانت‌ها ۳۰
۱-۳-۱- سورفکتانت‌های آنیونی ۳۰
۱-۳-۲- سورفکتانت‌های کاتیونی ۳۱
۱-۳-۳- سورفکتانت‌های غیریونی ۳۱
۱-۳-۴- سورفکتانت‌های آمفوتریک ۳۲
۱-۳-۵- سورفکتانت‌های پلیمری ۳۲
۱-۴- مروری بر مطالعات انجام شده بر تغییرات ترشوندگی و ازدیاد برداشت با استفاده ازمحلول‌های سورفکتانتی ۳۳
۱-۵- دلایل انتخاب کربنات سدیم به عنوان ماده آلکالینی ۴۴

فصل دوم مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد شیمیایی مورد استفاده ۴۶
۲-۱-۱- سورفکتانت‌ها ۴۷
۲-۱-۱-۱- سورفکتانت آنیونی ۴۷
۲-۱-۱-۲- سورفکتانت کاتیونی ۴۷
۲-۱-۱-۳- سورفکتانت غیریونی ۴۷
۲-۱-۲- آلکالین ۴۷
۲-۱-۳- تولوئن ۴۸
۲-۱-۴- نفت و سنگ مخزن مورد استفاده ۴۸
۲-۱-۵- آب شور ۴۸
۲-۲- تجهیزات و وسایل مورد استفاده ۴۹
۲-۲-۱- آون ۴۹
۲-۲-۲- سل آموت ۴۹

عنوان | صفحه

۲-۲-۳- دستگاه اشباع‌کننده‌ی مغزه ۵۰
۲-۲-۴- دوربین عکاسی ۵۱
۲-۲-۵- ترازوی دیجیتال ۵۱
۲-۲-۶- وسایل شیشه‌ای ۵۲
۲-۲-۷- نرم افزار AutoCAD ۵۲
۲-۳- روش آماده سازی سنگ‌ها ۵۲
۲-۳-۱- آماده سازی سنگ‌ها جهت انجام آزمایش‌های اندازه‌گیری تغییرات ترشوندگی به روش زاویه‌ی تماس ۵۲
۲-۳-۲- آماده سازی سنگ‌ها جهت انجام آزمایش‌های بازیافت نفت ۵۳
۲-۴- روش انجام آزمایش‌ها ۵۴
۲-۴-۱-اندازه‌گیری تغییرات ترشوندگی سنگ مخزن به روش زاویه‌ی تماس ۵۴
۲-۴-۲- تست‌های XRF ۵۵
۲-۴-۳- آزمایش‌های بازیافت نفت ۵۵

فصل سوم نتایج و بحث

۳-۱- اندازه‌گیری تغییرات ترشوندگی سنگ مخزن به روش زاویه‌ی تماس با استفاده از دو نوع سنگ مخزن کربناته ۵۷
۳-۱-۱- سنگ مخزن کربناته‌ی لایمستونی ۵۷
۳-۱-۱-۱- سورفکتانت آنیونی ۵۸
۳-۱-۱-۲- سورفکتانت غیریونی ۶۵
۳-۱-۱-۳- سورفکتانت کاتیونی ۷۱
۳-۱-۲-سنگ مخزن کربناته دولومیتی ۷۷
۳-۱-۲-۱- سورفکتانت آنیونی ۷۸
۳-۱-۲-۲- سورفکتانت غیریونی ۸۳
۳-۱-۲-۳- سورفکتانت کاتیونی ۹۰
۳-۲- نتیجه‌ی تست‌های XRF روی سنگ‌های مخزن ۹۷
۳-۳- اندازه‌گیری بازیافت نفت ۹۹

فصل چهارم نتیجه‌گیری و پیشنهادات

عنوان..... صفحه

۴-۱- نتیجه‌گیری.....۱۰۲

۴-۲- پیشنهادات.....۱۰۴

پیوست الف اثر زمان ماندگاری سنگ‌های کربناته درمحلول‌های سورفکتانت-آلکالین روی زاویه‌ی تماس..۱۰۵

منابع و مآخذ ۱۱۴

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۱ نمایی از فیلم آب پخش شده روی سطح معدنی (Dandekar, 2006)..... ۳

شکل ۱-۲ نمایی از فضاهای منافذ سطوح نفت دوست و آب دوست (Dandekar, 2006)..... ۷

شکل ۱-۳ نمایی از سل آموت، دستگاه اندازه‌گیری جابجایی خود به خودی آب و نفت در تست ترشوندگی آموت (Dandekar, 2006)..... ۱۲

شکل ۱-۴ نمایی از بازوی سانتریفیوژ مورد استفاده برای روش اندازه‌گیری ترشوندگی به روش USBM (Donaldson et al., 1969)..... ۱۵

شکل ۱-۵ نمودار فشار مؤثر بر حسب میانگین اشباع آب برای محرکه نفت و آب شور برای تعیین ترشوندگی با روش USBM (Slobod et al., 1951)..... ۱۷

شکل ۱-۶ اثر موقعیت نسبی تماس آب و نفت در مخزن روی ترشوندگی (Dandekar, 2006)..... ۲۱

شکل ۱-۷ رابطه‌ی بین ترشوندگی و اشباع آب اولیه یا کاهش ناپذیر (Dandekar, 2006)..... ۲۳

شکل ۱-۸ رابطه‌ی بین ترشوندگی و اشباع نفت باقیمانده‌یا بازیافت نفت (Dandekar, 2006)..... ۲۶

شکل ۱-۹ نمایی از مکانیزم پیشنهادی برای تغییر ترشوندگی درون یک منفذ با سورفکتانت‌های کاتیونی (Standnes & Austad, 2000)..... ۳۷

شکل ۲-۱ نمایی از آون مورد استفاده برای انجام آزمایش‌ها..... ۴۹

شکل ۲-۲ نمایی از سل آموت مورد استفاده..... ۵۰

شکل ۲-۳ نمایی از دستگاه اشباع کننده‌ی مغزه برای انجام آزمایش‌های بازیافت نفت..... ۵۱

شکل ۳-۱ زاویه‌ی تماس پس از ۴ روز ماندن درآب شور..... ۵۷

شکل ۳-۲ زاویه‌ی تماس پس از ۴ روز ماندن درآب شور و ۸ روز ماندن در نفت خام..... ۵۷

شکل ۳-۳ منحنی تغییرات زاویه‌ی تماس نسبت به غلظت کربنات سدیم در غلظت‌های مختلف سورفکتانت SDBS پس از یک روز از تماس سنگ‌های لایمستونی با محلول‌های سورفکتانت- آلکالین..... ۵۹

شکل ۳-۴ اثر زمان ماندگاری روی زاویه‌ی تماس در سه غلظت مختلف سورفکتانت آنیونی بدون حضور آلکالین..... ۶۳

شکل ۳-۵ اثر زمان ماندگاری روی زاویه‌ی تماس در سه غلظت مختلف سورفکتانت آنیونی و با حضور w% ۱ آلکالین Na_2CO_3..... ۶۳

شکل ۳-۶ تغییرات ترشوندگی سنگ مخزن با محلول سورفکتانت SDBS ۰/۳ درصد وزنی به همراه ۱ درصد وزنی کربنات سدیم پس از گذشت یک روز..... ۶۵

عنوان | صفحه

شکل ۳-۷ منحنی تغییرات زاویه‌ی تماس نسبت به غلظت کربنات سدیم در غلظت‌های مختلف سورفکتانت Triton X-100 پس از یک روز از تماس سنگ‌های لایمستونی با محلول‌های سورفکتانت- آلکالین..... ۶۶
شکل ۳-۸ اثر زمان ماندگاری روی زاویه‌ی تماس در سه غلظت مختلف سورفکتانت غیریونی بدون حضور آلکالین..... ۶۹
شکل ۳-۹ اثر زمان ماندگاری روی زاویه‌ی تماس در سه غلظت مختلف سورفکتانت غیریونی و با حضور wt% ۱ آلکالین Na_2CO_3..... ۶۹
شکل ۳-۱۰ تغییرات ترشوندگی سنگ مخزن با محلول سورفکتانت Triton X-100 ۰/۳ درصد وزنی به همراه ۱ درصد وزنی کربنات سدیم پس از گذشت یک روز..... ۷۱
شکل ۳-۱۱ منحنی تغییرات زاویه‌ی تماس نسبت به غلظت‌های مختلف سورفکتانت DTAB پس از یک روز از تماس سنگ‌های لایمستونی با محلول‌های سورفکتانت کاتیونی..... ۷۲
شکل ۳-۱۲ اثر زمان ماندگاری روی زاویه‌ی تماس در پنج غلظت مختلف سورفکتانت کاتیونی DTAB..... ۷۴
شکل ۳-۱۳ تغییرات ترشوندگی سنگ مخزن با محلول سورفکتانت کاتیونی DTAB ۱ درصد وزنی پس از گذشت یک روز..... ۷۵
شکل ۳-۱۴ مقایسه‌ی بهترین نتایج بدست آمده برای سنگ‌های لایمستونی با سه سورفکتانت مورد استفاده..... ۷۶
شکل ۳-۱۵ زاویه‌ی تماس پس از ۴ روز ماندن درآب شور..... ۷۷
شکل ۳-۱۶ زاویه‌ی تماس پس از ۴ روز ماندن درآب شور و ۸ روز ماندن در نفت خام..... ۷۷
شکل ۳-۱۷ منحنی تغییرات زاویه‌ی تماس نسبت به غلظت کربنات سدیم در غلظت‌های مختلف سورفکتانت SDBS پس از یک روز از تماس سنگ‌های دولومیتی با محلول‌های سورفکتانت- آلکالین..... ۷۹
شکل ۳-۱۸ اثر زمان ماندگاری روی زاویه‌ی تماس در سه غلظت مختلف سورفکتانت آنیونی و با حضور wt% ۱ آلکالین Na_2CO_3..... ۸۲
شکل ۳-۱۹ تغییرات ترشوندگی سنگ مخزن دولومیتی با محلول سورفکتانت SDBS ۰/۳ درصد وزنی به همراه ۱ درصد وزنی کربنات سدیم پس از گذشت یک روز..... ۸۳
شکل ۳-۲۰ منحنی تغییرات زاویه‌ی تماس نسبت به غلظت کربنات سدیم در غلظت‌های مختلف سورفکتانت Triton X-100 پس از یک روز از تماس سنگ‌های دولومیتی با محلول‌های سورفکتانت- آلکالین..... ۸۴
شکل ۳-۲۱ اثر زمان ماندگاری روی زاویه‌ی تماس در سه غلظت مختلف سورفکتانت غیریونی بدون حضور آلکالین..... ۸۸

عنوان | صفحه

شکل ۳-۲۲ اثر زمان ماندگاری روی زاویه‌ی تماس در سه غلظت مختلف سورفکتانت غیریونی و با حضور ۱ wt% آلکالین..... ۸۸
شکل ۳-۲۳ تغییرات ترشوندگی سنگ مخزن با محلول سورفکتانت Triton X-100 ۰/۳ درصد وزنی به همراه ۱ درصدوزنی کربنات سدیم پس از گذشت یک روز..... ۹۰
شکل ۳-۲۴ منحنی تغییرات زاویه‌ی تماس نسبت به غلظت‌های مختلف سورفکتانت DTAB پس از یک روز از تماس سنگ‌های دولومیتی با محلول‌های سورفکتانت کاتیونی..... ۹۱
شکل ۳-۲۵ اثر زمان ماندگاری روی زاویه‌ی تماس در پنج غلظت مختلف سورفکتانت کاتیونی DTAB..... ۹۲
شکل ۳-۲۶ تغییرات ترشوندگی سنگ مخزن دولومیتی با محلول سورفکتانت DTAB ۱ درصد وزنی پس از گذشت یک روز..... ۹۳
شکل ۳-۲۷ مقایسه‌ی بهترین نتایج بدست آمده برای سنگ‌های دولومیتی با سه سورفکتانت مورد استفاده. ۹۴
شکل ۳-۲۸ مقایسه‌ی سنگ‌های لایمستونی و دولومیتی با استفاده از بهترین نتایج بدست آمده از آزمایش‌های اندازه‌گیری تغییر ترشوندگی با روش زاویه‌ی تماس..... ۹۵
شکل ۳-۲۹ نمایی از خروج نفت از سطوح کربناته هنگام تماس با محلول‌های سورفکتانت- آلکالین..... ۹۶
شکل ۳-۳۰ نمایی دیگر از خروج نفت از سطوح کربناته هنگام تماس با محلول‌های سورفکتانت- آلکالین.. ۹۷
شکل ۳-۳۱ میزان بازیافت نفت با سورفکتانت‌های مختلف در زمان‌های مختلف..... ۱۰۰
شکل الف-۱ اثر زمان ماندگاری سنگ‌های لایمستونی در سه غلظت مختلف سورفکتانت آنیونی و با حضور ۰/۵ wt% Na_2CO_3 روی زاویه‌ی تماس..... ۱۰۶
شکل الف-۲ اثر زمان ماندگاری سنگ‌های لایمستونی در سه غلظت مختلف سورفکتانت آنیونی و با حضور ۲ wt% Na_2CO_3 روی زاویه‌ی تماس..... ۱۰۶
شکل الف-۳ اثر زمان ماندگاری سنگ‌های لایمستونی در سه غلظت مختلف سورفکتانت آنیونی و با حضور ۳ wt% Na_2CO_3 روی زاویه‌ی تماس..... ۱۰۷
شکل الف-۴ اثر زمان ماندگاری سنگ‌های لایمستونی در سه غلظت مختلف سورفکتانت غیریونی و با حضور ۰/۵ wt% Na_2CO_3 روی زاویه‌ی تماس..... ۱۰۸
شکل الف-۵ اثر زمان ماندگاری سنگ‌های لایمستونی در سه غلظت مختلف سورفکتانت غیریونی و با حضور ۲ wt% Na_2CO_3 روی زاویه‌ی تماس..... ۱۰۸

عنوان | صفحه

شکل الف-۶ اثر زمان ماندگاری سنگ‌های لایمستونی در سه غلظت مختلف سورفکتانت غیریونی و با حضور ۳ wt% Na_2CO_3 روی زاویه‌ی تماس..... ۱۰۹
شکل الف-۷ اثر زمان ماندگاری سنگ‌های دولومیتی در سه غلظت مختلف سورفکتانت آنیونی و با حضور ۰/۵ wt% Na_2CO_3 روی زاویه‌ی تماس..... ۱۱۰
شکل الف-۸ اثر زمان ماندگاری سنگ‌های دولومیتی در سه غلظت مختلف سورفکتانت آنیونی و با حضور ۲ wt% Na_2CO_3 روی زاویه‌ی تماس..... ۱۱۰
شکل الف-۹ اثر زمان ماندگاری سنگ‌های دولومیتی در سه غلظت مختلف سورفکتانت آنیونی و با حضور ۳ wt% Na_2CO_3 روی زاویه‌ی تماس..... ۱۱۱
شکل الف-۱۰ اثر زمان ماندگاری سنگ‌های دولومیتی در سه غلظت مختلف سورفکتانت غیریونی و با حضور ۰/۵ wt% Na_2CO_3 روی زاویه‌ی تماس..... ۱۱۲
شکل الف-۱۱ اثر زمان ماندگاری سنگ‌های دولومیتی در سه غلظت مختلف سورفکتانت غیریونی و با حضور ۲ wt% Na_2CO_3 روی زاویه‌ی تماس..... ۱۱۲
شکل الف-۱۲ اثر زمان ماندگاری سنگ‌های دولومیتی در سه غلظت مختلف سورفکتانت غیریونی و با حضور ۳ wt% Na_2CO_3 روی زاویه‌ی تماس..... ۱۱۳

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ رابطه‌ی بین ترشوندگی و شاخص‌های ترشوندگی آموت (Amott, 1951)..... ۱۳

جدول ۱-۲ طبقه بندی ترشوندگی بر اساس شاخص ترشوندگی آموت- هاروی (Cuiec, 1984)..... ۱۴

جدول ۲-۱ ترکیب درصد آب شور مخزن آغاجاری..... ۴۸

جدول ۲-۲ محلول‌های ساخته شده برای انجام آزمایش‌ها با سورفکتانت‌های آنیونی SDBS و غیریونی Triton X-100..... ۵۴

جدول ۲-۳ محلول‌های ساخته شده برای انجام آزمایش‌ها با سورفکتانت DTAB..... ۵۴

جدول ۲-۴ محلول‌های ساخته شده برای انجام آزمایش‌های بازیافت نفت..... ۵۵

جدول ۳-۱ نتایج زوایای تماس سنگ‌های لایمستونی با محلول‌های سورفکتانت آنیونی SDBS- آلکالین Na_2CO_3 در روزهای مختلف..... ۶۱

جدول ۳-۲ انحراف معیار زوایای تماس سنگ‌های لایمستونی با محلول‌های سورفکتانت آنیونی SDBS- آلکالین Na_2CO_3 در روزهای مختلف..... ۶۲

جدول ۳-۳ نتایج زوایای تماس سنگ‌های لایمستونی با محلول‌های سورفکتانت غیریونی Triton-X 100- آلکالین Na_2CO_3 در روزهای مختلف..... ۶۷

جدول ۳-۴ انحراف معیار زوایای تماس سنگ‌های لایمستونی با محلول‌های سورفکتانت غیریونی Triton-X 100- آلکالین Na_2CO_3 در روزهای مختلف..... ۶۸

جدول ۳-۵ نتایج زوایای تماس سنگ‌های لایمستونی با محلول‌های سورفکتانت کاتیونی در روزهای مختلف..... ۷۳

جدول ۳-۶ انحراف معیار زوایای تماس سنگ‌های لایمستونی با محلول‌های سورفکتانت کاتیونی در روزهای مختلف..... ۷۳

جدول ۳-۷ نتایج زوایای تماس سنگ‌های دولومیتی با محلول‌های سورفکتانت آنیونی SDBS- آلکالین Na_2CO_3 در روزهای مختلف..... ۸۰

جدول ۳-۸ انحراف معیار زوایای تماس سنگ‌های دولومیتی با محلول‌های سورفکتانت آنیونی SDBS- آلکالین Na_2CO_3 در روزهای مختلف..... ۸۱

جدول ۳-۹ نتایج زوایای تماس سنگ‌های دولومیتی با محلول‌های سورفکتانت غیریونی Triton-X 100- آلکالین Na_2CO_3 در روزهای مختلف..... ۸۶

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱۰ انحراف معیار زوایای تماس سنگ‌های دولومیتی با محلول‌های سورفکتانت غیریونی Triton-X 100- آلکالین Na_2CO_3 در روزهای مختلف..... ۸۷

جدول ۳-۱۱ نتایج زوایای تماس سنگ‌های دولومیتی با محلول‌های سورفکتانت کاتیونی در روزهای مختلف.. ۹۱

جدول ۳-۱۲ انحراف معیار زوایای تماس سنگ‌های دولومیتی با محلول‌های سورفکتانت کاتیونی در روزهای مختلف..... ۹۲

جدول ۳-۱۳ نتایج XRF سنگ مخزن لایمستونی..... ۹۷

جدول ۳-۱۴ نتایج XRF سنگ مخزن دولومیتی..... ۹۸

فصل اول

کلیات تحقیق

یکی از مهمترین مسائل روز صنعت نفت بدست آوردن بیشترین تولید از مخازن نفت است. وقتی تولید نفت از یک چاه با مکانیزم طبیعی متوقف می‌شود، نیاز به استفاده از روش‌های ازدیاد برداشت نفت (EOR)[1] می‌باشد. معروفترین روش‌های ازدیاد برداشت از مخازن نفتی روش‌های تزریق گاز، تزریق آب، روش‌های حرارتی، میکروبی و شیمیایی می‌باشند.

استفاده از مواد شیمیایی مانند سورفکتانت‌ها، آلکالین‌ها و پلیمرها یکی از روش‌های متداول و پیشرفته در ازدیاد برداشت نفت می‌باشد (Gupta et al., 2008). تزریق این مواد به مخزن در نقاط مختلف دنیا انجام شده و نتایج خوبی نیز داشته است. این مواد با تغییر در کشش بین سطحی (IFT)[2] سیالات مخزن و همچنین تغییر ترشوندگی[3] سنگ مخزن سبب تولید بیشتر نفت می‌شوند. در این فصل ابتدا به معرفی کامل ترشوندگی پرداخته می‌شود، سپس ساختار شیمیایی سورفکتانت‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت مروری بر کارهای انجام شده در زمینه‌ی تغییر ترشوندگی و ازدیاد برداشت با مواد شیمیایی ارائه خواهد شد.

---

[1] Encanced Oil Recovery
[2] Interfacial Tension
[3] Wettability alteration