دانشکده مهندسی شیمی، نفت و گاز

پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته‌ی مهندسی شیمی

مطالعه تجربی شرایط بهینه اسیدزنی در مخازن کربناته

به کوشش

عبدالنبی گوشه نشین

اساتید راهنما:

دکتر عبدالحسین جهانمیری

دکتر محمدرضا رحیم پور

شهریور ماه ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

اظهارنامه

اینجانب عبدالنبی گوشه نشین (۸۸۰۷۱۵) دانشجوی رشته‌ی مهندسی شیمی دانشکده‌ی مهندسی شیمی، نفت و گاز اظهارمی کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظهارمی‌نمایم که تحقیق و موضوع پایان نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می‌دهم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم .کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به محقق و دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: عبدالنبی گوشه نشین

تاریخ و امضا

به نام خدا

مطالعه تجربی شرایط بهینه اسیدزنی در مخازن کربناته

به کوشش

عبدالنبی گوشه نشین

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی:

مهندسی شیمی

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته‌ی پایان نامه، با درجه‌ی: عالی

دکتر عبدالحسین جهانمیری، استاد بخش مهندسی شیمی، نفت و گاز (رئیس کمیته).....

دکتر محمدرضا رحیم پور، استاد بخش مهندسی شیمی، نفت و گاز.....

دکتر نصیر مهران بد، استاد یار بخش مهندسی شیمی، نفت و گاز .....

دکتر حجت مهدی یار، استاد یار بخش مهندسی شیمی، نفت و گاز .....

شهریور ماه ۱۳۹۱

سپاس خدای را که هر چه دارم از اوست

به امید آنکه توفیق یابم جز خدمت به خلق او نکوشم

سپاسگزاری

هم اکنون که این رساله به پایان رسیده است، بر خود لازم می‌دانم از زحمات و پشتیبانی اساتید ارجمند که در تمام مدت انجام این تحقیق مرا از راهنمائی‌های گران بهای خود بهره‌مند ساختند کمال تشکر را بنمایم. از جناب آقای دکتر امیر بختیاری، مسعود گوشه نشین، کاظم گوشه نشین، سرکار خانم مهندس کیانی و همین طور همراهی بی دریغ سایر دوستان، قدردانی می نمایم.

چکیده

مطالعه تجربی شرایط بهینه اسیدزنی در مخازن کربناته

به کوشش

عبدالنبی گوشه نشین

اسیدزنی ماتریسی در مخازن کربناته برای تحریک چاه‌ها، به منظور ترمیم چاه و تولید با شدت جریان‌های بالاتر صورت می‌پذیرد. در این روش اسید کلریدریک(HCl) به سازند صدمه دیده جهت ترمیم پوسته اطراف دهانه چاه و افزایش تراوایی در این ناحیه تزریق می‌گردد. اسیدزنی ماتریسی وقتی به صورت بهینه در می‌آید که به ازای حجم ثابت اسید تزریقی بیشترین رسوخ انجام گیرد. شدت جریان بهینه اسید وقتی است که الگوی حلالیت بوسیله کرم‌چاله شکل بگیرد. زیرا حلالیت سنگ از الگوهای مختلفی تبعیت می‌کند. این الگوهای حلالیت به شدت جریان اسید، غلظت اسید، ترکیبات سنگ، دمای واکنش، نوع سیالات و توزیع اندازه حفره‌های سنگ مخزن وابسته است. بر اساس آزمایش‌های انجام شده بر روی مغزه، در شدت جریان‌های کم تزریق اسید سیال از الگوی حلالیت یکنواخت تبعیت می‌کند. به این معنی که سطح ورودی مغزه را بطور یکنواخت در خود حل می‌کند. با افزایش شدت جریان تزریق، کرم‌چاله شکل گرفته و در مغزه گسترش می‌یابد. در شدت جریان‌های بالای تزریق، کرم‌چاله‌ها شروع به شاخه‌دار شدن می‌کنند. نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهد که در این نوع از حمله اسید، عمق رسوخ اسید با افزایش شدت جریان تزریق برای حجم ثابت اسید کاهش می یابد یا اینکه حجم اسید مصرفی افزایش می یابد.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول- مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- هدف تحقیق ۳

۱-۳- ضرورت انجام تحقیق ۳

فصل دوم- تئوری ۵

۲-۱- اصول اولیه ۶

۲-۲- اسیدزنی ماتریس ۸

۲-۳- اسیدزنی مخازن شکافدار ۹

۲-۴- انتخاب اسید ۱۰

۲-۴-۱- اسیدهای معدنی ۱۱

۲-۴-۱-۱- اسید کلریدریک ۱۱

عنوان صفحه

۲-۴-۱-۲- اسید هیدروفلوریک ۱۲

۲-۴-۲- اسیدهای آلی ۱۳

۲-۴-۲-۱- اسید استیک ۱۴

۲-۴-۲-۲- اسید فرمیک ۱۴

۲-۴-۲-۳- استیک انیدرید ۱۵

۲-۵- تئوری تشکیل کرم‌چاله ۱۵

فصل سوم- مروری بر تحقیقات گذشته ۱۸

۳-۱- مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه اسیدزنی ۱۹

فصل چهارم- شرح دستگاه‌ها و آزمایش‌های هیدرولیکی ۲۸

۴-۱- آزمایش‌های هیدرولیکی ۲۹

۴-۱-۱- دستگاه اسیدزنی مغزه ۲۹

۴-۱-۱-۱- مغزه نگهدار ۳۱

۴-۱-۱-۲- سیلندرهای نگهداری نمونه سیالات خورنده و غیر خورنده ۳۲

۴-۱-۱-۳- محفظه گرم ۳۴

۴-۱-۱-۴- پمپ تزریق ۳۵

۴-۱-۱-۵- سیستم ثابت نگهدارنده فشار خروجی BPR ۳۵

عنوان صفحه

۴-۱-۱-۶- سیستم ابزار دقیق و ثبت اطلاعات ۳۶
۴-۱-۱-۷- پمپ هیدرولیک ۳۷
۴-۱-۱-۸- شیرهای ورودی و خروجی ۳۸
۴-۲- شرح آزمایش ۳۹
۴-۲-۱- مرحله آماده سازی مغزه ۳۹
۴-۲-۲- مرحله محاسبه تخلخل ۳۹
۴-۲-۳- مرحله محاسبه تراوایی سنگ قبل از عملیات اسیدکاری ۴۰
۴-۲-۴- آزمایش‌های اسیدزنی مغزه ۴۱
۴-۳- غلظت بهینه اسید ۴۱
۴-۴- شدت جریان بهینه تزریق ۴۲
فصل پنجم- نتایج ۴۳
۵-۱- شدت جریان بهینه تزریق اسید ۴۵
۵-۱-۱- اسید با غلظت ۱۵ درصد وزنی ۴۵
۵-۱-۲- اسید با غلظت ۲۰ درصد وزنی ۴۷
۵-۱-۲-۱- آنالیز تصویر سی تی اسکن مغزه C-5 ..... ۴۹
۵-۱-۳- اسید با غلظت ۲۸ درصد وزنی ۵۰

عنوان صفحه

۵-۱-۳-۱- تاثیر شدت جریان تزریق ۵۱

۵-۱-۳-۲- تاثیر غلظت اسید ۵۷

۵-۲- تاثیر افزایه کند کننده اثر اسید ۵۹

۵-۲-۱-اسید با غلظت ۲۰ درصد وزنی ۵۹

۵-۲-۲- اسید با غلظت ۲۸ درصد وزنی ۶۱

۵-۲-۳- شدت جریان بهینه تزریق اسید برای اسید ۲۸ درصد و حضور ۴ درصد افزایه ۶۷

فصل ششم- نتیجه گیری و پیشنهادها ۷۰

منابع و مآخذ:..... ۷۳

فهرست جدول‌ها

عنوان صفحه

جدول (۵-۱) شرایط اولیه آزمایش اسیدکاری در غلظت اسید ۱۵wt% ۴۵

جدول (۵-۲) شرایط اولیه آزمایش اسیدکاری در غلظت اسید ۲۰wt% ۴۷

جدول (۵-۳) شرایط اولیه آزمایش اسیدکاری در غلظت اسید ۲۸wt% ۵۱

جدول (۵-۴) شرایط اولیه آزمایش اسیدکاری در غلظت اسید ۲۰wt% و با حضور افزایه ۵۹

جدول (۵-۵) شرایط اولیه آزمایش اسیدکاری در غلظت اسید ۲۸wt% و با حضور افزایه ۶۲

جدول (۵-۶) شرایط اولیه آزمایش اسیدکاری در غلظت اسید ۲۸wt% و با حضور ۴ درصد حجمی افزایه ۶۷

فهرست شکل ها

عنوان صفحه

شکل (۲-۱) نحوه حرکت اسید در یک سنگ ماتریسی نشان ۹

شکل (۲-۲) تاثیر شدت جریان تزریق بر حجم اسید مصرفی تا نقطه شکست و رژیم‌های جریانی . ۱۶

شکل (۳-۱) مکانیزم خوردگی سنگ در اثر تغییر شدت جریان تزریق ۲۰

شکل(۳-۲) شماتیک کرم‌چاله تشکیل شده بوسیله داکورد ۲۵

شکل (۳-۳) شماتیک کرم‌چاله تشکیل شده با سنگ آهک بوسیله فوگلر و همکاران ۲۶

شکل (۴-۱) شماتیک دستگاه اسیدزنی مغزه ۳۰

شکل(۴-۲) دستگاه اسیدزنی مغزه ۳۰

شکل (۴-۳) مغزه نگهدار ۳۱

شکل (۴-۴) سیلندر مخصوص نگهداری اسید و شوراب..... ۳۳

شکل (۴-۵) محفظه گرم ۳۴

شکل (۴-۶) پمپ تزریق..... ۳۵

عنوان صفحه

شکل (۴-۷) سیستم ابزار دقیق و ثبت اطلاعات ۳۶

شکل (۴-۸) پمپ هیدرولیک ۳۸

شکل (۴-۹) شماتیک تاثیر شدت جریان تزریق بر حجم اسید مصرفی تا نقطه شکست و رژیم‌های جریانی ۴۲

شکل (۴-۱۰) شماتیک کرم چاله قبل (۱) و بعد (۳) و خود (۲) نقطه بهینه ۴۳

شکل (۵-۱) شدت جریان بهینه تزریق اسید با غلظت اسید ۱۵wt% ۴۶

شکل (۵-۲) شدت جریان بهینه تزریق اسید با غلظت اسید ۲۰wt% ۴۸

شکل (۵-۳) تصویر سی تی اسکن مغزه C-5 بعد از عملیات اسیدکاری ۴۹

شکل (۵-۴) تصویر سی تی اسکن برش های مغزه C-5 ..... ۵۰

شکل (۵-۵) شدت جریان بهینه تزریق اسید با غلظت اسید ۲۸wt% ۵۲

شکل (۵-۶) تصاویر سی تی اسکن مغزه‌های B-4، B-6، B-8 و B-3 بعد از فرایند اسیدکاری (از چپ به راست) ۵۳

شکل (۵-۷) تصویر سی تی اسکن برش‌های مغزه B-4 ..... ۵۴

شکل (۵-۸) تصویر سی تی اسکن برش‌های مغزه B-6 ..... ۵۵

شکل (۵-۹) تصویر سی تی اسکن برش‌های مغزه B-8 ..... ۵۶

شکل (۵-۱۰) تصویر سی تی اسکن برش‌های مغزه B-3 ..... ۵۷

عنوان صفحه

شکل (۵-۱۱) مقایسه شدت جریان‌های بهینه تزریق اسید با غلظت‌های اسید ۲۸wt% و ۱۵wt% ۵۸

شکل (۵-۱۲) تاثیر حضور افزایه بر میزان حجم حفره اسید مصرفی با غلظت ۲۰wt% ۶۰

شکل (۵-۱۳) تاثیر حضور افزایه بر حجم اسید مصرفی با غلظت ۲۰wt% ۶۱

شکل (۵-۱۴) تاثیر حضور افزایه بر میزان حجم حفره اسید مصرفی با غلظت ۲۸wt% ۶۲

شکل (۵-۱۵) تاثیر حضور افزایه بر حجم اسید مصرفی با غلظت ۲۸wt% ۶۳

شکل (۵-۱۶) مقایسه درصدهای مختلف حضور افزایه بر اسید با غلظت‌های ۲۰wt% و ۲۸wt% ۶۴

شکل (۵-۱۷) تاثیر حضور افزایه بر مغزه‌های C-2 و B-8 (از چپ به راست) در تصاویر سی‌تی‌اسکن ۶۵

شکل (۵-۱۸) تصویر سی تی اسکن برش‌های مغزه C-2 ..... ۶۶

شکل (۵-۱۹) تصویر سی تی اسکن برش‌های مغزه B-8 ..... ۶۶

شکل (۵-۲۰) شدت جریان بهینه تزریق اسید با غلظت ۲۸wt% و حضور ۴ درصد افزایه ۶۸

شکل (۵-۲۱) تاثیر حضور ۴ درصد افزایه بر شدت جریان بهینه تزریق اسید با غلظت ۲۸wt% .. ۶۹

علائم و نشانه‌ها

توضیحات	واحد	علائم و نشانه‌ها
طول مغزه	mm	L
قطر مغزه	mm	d
حجم حفره	ml	PV
تخلخل	–	φ
تراوایی	md	k
دما	°C	T
غلظت اسید	wt%	C
شدت جریان تزریق	$ml.\min^{-1}$	Q
سطح مغزه	mm^2	A
زمان	min	t

اختصارات

PV	Pore Volume	حجم حفره
bt	Breakthrough	نقطه شکست
BPR	Back Pressure Regulator	تنظیم کننده فشار پشتی

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

نفت و گاز از منابع اصلی انرژی بوده و عدم دسترسی به منابع سوختی دیگر باعث شده تا استفاده از این منابع با دقت بیشتری انجام شده و تمهیداتی جهت بازیافت هر چه بیشتر آن در نظر گرفته شود. از جمله مشکلات در این بازیافت، پایین بودن تراوایی سنگ مخزن جهت انتقال نفت از مخزن به درون چاه می‌باشد. به طور کلی بهره برداری از مخازن نفت و گاز پس از مدتی به خاطر آسیب‌های سازند کاهش می‌یابد. جهت رفع این مشکلات و افزایش تولید بیشتر معمولاً از روش‌های انگیزش استفاده می‌شود. یکی از راه‌های موثر جهت افزایش تولید چاه، اسیدکاری پوسته چاه می‌باشد. این عملیات در مورد مخازن کربناته بسیار رایج بوده و در حال حاضر در حال انجام می‌باشد. اولین بار در سال ۱۸۹۵ تزریق اسید به چاه‌های کربناته، جهت بهبود و افزایش میزان تولید، به عنوان ایده‌ای نو مطرح شد. در آن زمان دو گونه اسید کلریدریک و اسید سولفوریک به عنوان گزینه‌های قابل استفاده مطرح شدند. اما این ایده بخاطر میزان خوردگی بسیار بالای این اسیدها با شکست روبرو شد. چرا که به خاطر خورندگی بالای اسید سولفوریک و اسید کلریدریک، وسایل سرچاهی خورده می‌شدند. تلاش بعدی جهت این کار در سال ۱۹۲۵ و ۱۹۳۰ صورت گرفت[۱].

در این تلاش، از اسید کلریدریک جهت افزایش میزان تولید چاه‌های میدان گلنپول[1] واقع در ایالت اوکلاهما[2] و میدان جفرسون[3] در ایالت کنتاکی[4] ایالات متحده امریکا استفاده شد. دراین پروژه از بازدارنده‌های آرسنیکی جهت کاهش میان خوردگی استفاده گردید. با توجه به موفقیت آمیز بودن این فرایند، عملیات اسیدزنی به عنوان تکنیکی موثر جهت افزایش تولید چاه‌های آسیب

[1] Glenpool
[2] Oklahoma
[3] Jefferson
[4] Kentucky

دیده مطرح گردید. امروزه این فرایند به حدی پیشرفت نموده که مصرف اسید در چاه‌ها به بیش از صدها میلیون تن رسیده است. بخاطر این رشد و با توجه به تاثیر بالای اسیدکاری در میزان برداشت، تحقیقات بسیار زیادی بر روی این فرایند و بهبود کارایی آن صورت گرفته است.

۱-۲- هدف تحقیق

هدف از این تحقیق مطالعه مکانیزم واکنش اسید با سنگ مخزن در شرایط شبیه سازی شده و تعیین شرایط بهینه تزریق جهت تشکیل بهترین مکانیزم اسیدکاری می‌باشد.

شرایط بهینه تزریق در سیستم‌های مختلف متفاوت است. لذا لازم است تا آزمایش‌ها برای سنگ‌های مختلف تکرار شده و نتایج مورد بررسی قرار گیرد.

از عواملی که بر روی شدت جریان بهینه تاثیر دارند می توان از جنس سنگ، توزیع اندازه اولیه حفره‌ها و غلظت اسید می توان نام برد. که تاثیر این پارامترها بر روی شدت جریان بهینه تزریق باید مشخص شود.

۱-۳- ضرورت انجام تحقیق

بدلیل اینکه ناحیه نزدیک دهانه چاه تاثیر مهمی بر روی شدت جریان تولید نفت و گاز دارد از روش‌های گوناگونی استفاده می‌شود تا تراوایی در این ناحیه به وسیله کاهش یا از بین بردن مقاومت جریانی افزایش داده شود. طراحی درمان و فرایند مناسب برای مخازن شکافدار و ماتریسی متفاوت است. در مخازن شکافدار هدف اصلی نفوذ هر چه بیشتر سیال درون شکاف‌ها می‌باشد. اما