



اسیدکاری سازند جهت افزایش تولید گاز و میعانات گازی در یکی از مخازن گاز تر در جنوب غرب ایران

احسان قناعت پیشه^{۱*}، محمدحسن برزگر^۱، سینا بایرام زاده^۲

^۱شرکت نفت مناطق مرکزی ایران (شرکت بهره برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی)

^۲شرکت فنی و مهندسی پارس پترو زاگرس

*ehsan.ghanaatpisheh@gmail.com

چکیده

یکی از رایجترین روشها جهت افزایش تولید نفت و گاز و ضریب بهره دهی مخازن اسیدکاری چاهها میباشد. این روش با کاهش هزینهها باعث افزایش بهره‌دهی مخازن و افزایش تولید نفت و گاز می‌گردد. با بررسی عوامل مؤثر در عملیات اسیدکاری بازمجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی تهران، ۲۹ خرداد ماه ۱۳۹۳ مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا www.Reservoir.ir تلفن: ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱

عسازند میتواند عملیات اسیدکاری نقشه‌آند در بهبود تولید از چاه‌ها ارزیابی نمود. همچنین میتواند مقایسه‌ها مشخصه‌ها ضریب بهره‌دهی چاه، ضریب پوسته، افت فشار و دید چاه قبل و بعد از اسیدکاری برداشت. در این مقاله نتایج اسیدکاری انجام شده در یکی از چاه‌های گاز جنوب غربی ایران که با موفقیت کامل همراه بوده است و در ده‌ها پارامترهای مختلف ضریب پوسته، ضریب بهره‌دهی و دید چاه قبل و بعد از عملیات اسیدکاری مقایسه شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهند که اسیدکاری سازند تولیدی باعث افزایش تولید گاز از این چاه گردیده است.

کلمات کلیدی: اسیدکاری، مخزن گاز تر، دبی تولید، ضریب بهره‌دهی، ضریب پوسته، افت فشار



۱- مقدمه

اسیدکاری به عملی گفته میشود که جهت افزایش نفوذ پذیری سنگ مخزن و افزایش دبی چاه های نفت و گاز به کار میرود. اسیدکاری معمولاً پس از حفاری چاه جهت زدودن مواد چسبنده ی گل حفاریو همچنین از بین بردن تکه های سنگ مخزن که در چاه باقی مانده انجام میشود و به طور کلی روش کار به این صورت میباشد که اسید را که انواع مختلفی دارد در سر چاه آماده ساخته و به چاه تزریق می گردد.

هدف از تزریق اسید به چاهها ایجاد ارتباط بهتر بین سازند و چاهها از طریق حل کردن قسمت های باز محیط اطراف است که در نتیجه بهره روری چاهها بهبود می یابد.

تسهیل و افزایش جریان سیال سازند به داخل چاه توسط اسید ممکن است به یک یا از این حالتها انجام گیرد:
(الف) مجراییکه هیدروکربوراز آنها عبور میکند تا به داخل چاه برسد ممکن است در اثر مواد ایمانند مواد رسوبی که حفاری مسدود گردند در این حالت اسید با حل کردن آنها این منفذها را باز نمود و عبور هیدروکربورها را آسان نماید.
(ب) اسید مجرایها را تنگ سازند تا در نتیجه عبور سیال ترا آسانتر مینماید. [1]

اسیدهای بکار رفته در عملیات اسیدکاری دارای انواع مختلفی می باشند که می توان آن ها را به سه دسته کلی تقسیم نمود: الف) اسیدهای معدنی شامل اسید کلریدریک (HCL) و مجموع اسید کلریدریک و اسید فلوریدریک (HF - HCL) ب) اسیدهای آلی شامل اسید فرمیک (H-COOH) و اسید استیک (H₃C-COOH) ج) اسیدهای پودر شده یا کریستال شامل اسید سولفوریک، اسید کلرواستیک و اسیدهای هیبریدی.

از جمله عواملی که در اسیدکاری موثرند می توان از فشار تزریق اسید، غلظت اسید، درجه حرارت مخزن، نوع اسید، تعادل شیمیایی، نسبت سطح تماس سنگ مخزن به حجم اسید مصرفی و جنس و مشخصات سنگ مخزن نام برد که با به منظور بالا بردن کیفیت عملیات اسیدکاری می بایست این عوامل را در نظر گرفت. [۱]

۲- انواع روشهای انجام اسیدکاری و افزایش های اسید

انواع مختلف روش های اسیدکاری از نظر عملیاتی به دو دسته تقسیم می شود: اسیدکاری گسترده که به وسیله پمپ تراک و به منظور انگیزش کل لایه یا لایه های تولیدی و از طریق شیر های کناری روی تاج چاه (و معمولاً در چاههای بصورت حفره باز) انجام می گیرد و اسیدکاری موضعی که توسط دستگاه لوله مغزی سیار در حد فاصل بازه تولیدی یا بخشی از بازه تولیدی انجام می گیرد و با این روش سطح تماس اسید با لوله های درون چاهی کاهش و در نتیجه خوردگی و آسیب دیدگی آن ها نیز کمتر می شود. [۲] در یک تقسیم بندی دیگر انواع اسیدکاری شامل موارد ذیل می باشد:

روش ماتریس اسید (matrix acidizing) در این روش اسید با فشار به داخل چاه پمپ می گردد. فشار پمپ کمتر از فشاری خواهد بود که ایجاد ترک و شکاف در سنگ مخزن می نماید. حتی المقدور تلاش این خواهد بود که اسید به تمام جوانب سنگ مخزن مجاور چاه برسد. در این حالت مقدار افزایش بهره روری چاه هم مقدار اسید مصرف شده بستگی دارد و مقدار اسید مصرف شده نیز به صرفه اقتصادی امکان تزریق آن مرتباً می شود. [۳]



روش ایجاد شکاف و ترک در سنگ مخزن به وسیله اسید (*acid fracturing*) هر جسمی قابلیت تحمل فشار را تا حد معینی دارد که سنگ مخزن نیز از همچنین قاعده ای مثنی نمی باشد. در این روش، اسید با فشاری بیش از فشار قابل تحمل سنگ مخزن به چاه تزریق شده و باعث ایجاد شکست در سنگ مخزن می گردد. این شکاف خود نیز باعث افزایش دبی چاه خواهد شد [۴].

روش شستشو و تمیز کردن سنگ مخزن به وسیله اسید (*acid washing*) این روش ساده ترین نوع اسیدکاری می باشد که جهت شستشوی مواد زاید اندود شده (*mud cake*) بر سنگ مخزن استفاده می شود. این مواد ممکن است تا ۱۵ سانتی متر یا طراف چاه نفوذ نمود و نفوذ پذیر طبیعی همینا حیه را تا مقدار زیادیکاهشده در چنیشرایطتزیریقاسید میتواند بهره دهیچاهراتاچندینبرابرازیاشدهد. از این روش معمولاً بعد از حفاری چاه و قبل از بهره برداری استفاده می گردد. [۳]

به همراه اسید مواد دیگری جهت جلوگیری از خوردگی توسط اسید، تاخیر در عملکرد اسید و... نیز در چاه تزریق می گردند که برخی از آن ها شامل موارد زیر می باشند:

Corrosion Inhibitors: جهت جلوگیری از خوردگی دیواره لوله جداری و تجهیزات اسیدکاری به همراه اسید تزریق می شوند. این مواد باعث تغییر خواص تر شوندگی ماسه سنگ ها از آب دوست به نفت دوست می گردند.

EDTA: از این ماده به منظور جلوگیری از رسوب یون های آهن بصورت $Fe(OH)_3$ استفاده می شود.

Surfactant: برای پیشگیری از تشکیل رسوب آسفالتین و امولیسون های چند فازی به اسید تزریقی اضافه می گردد.

Mutual Acid (EGMBE): این افزودنی در مرحله پس شو به اسید تزریقی اضافه می شود تا مواد ضد خوردگی را که به سنگ مخزن چسبیده اند از بین برده و آب دوست بودن ماسه سنگ ها را حفظ کند. [۵]

۳- مشخصات چاه و مخزن مورد مطالعه

چاه مورد مطالعه در یکی از مخازن گاز تر واقع در جنوب غرب ایران می باشد که مشخصات مخزن، مشخصات چاه و همچنین اطلاعات سیال تولیدی از چاه در جداول ۱ تا ۳ آورده شده است.

جدول ۱: مشخصات مخزن

نوع مخزن	گاز تر
تعداد لایه های تولیدی	۲
جنس لایه های تولیدی	کربنات و دولومیت

جدول ۲: مشخصات چاه مورد مطالعه

جهت چاه	عمودی
---------	-------



نوع تکمیل چاه	مشبک+حفره باز
ضخامت مفید لایه (فوت)	۴۸۲
میزان تخلخل متوسط لایه تولیدی (درصد)	۶
شعاع چاه (فوت)	۰/۲۵۵
فشار مخزن (پام)	۳۵۰۰
درجه حرارت ته چاه (فارنهایت)	۱۹۰
عمق نهایی (متر حفار)	۳۰۸۰
حجم جابجایی چاه (بشکه)	۳۶۹

جدول ۳: مشخصات سیال تولیدی از چاه

تراکم پذیری گاز (l/psi)	۶ - ۲۵۸/۶۲ e
API مایعات گازی	۶۲
LGR (بشکه/م.ف.م.ر)	۱۸/۸۱
گرانروی گاز (cp)	۰/۰۲

۴- طراحی عملیات اسیدکاری

بطور کلی از نظر کاربرد در عملیات اسیدکاری، می توان اسیدها را به دو دسته تندکار و کندکار تقسیم نمود. اسیدهای تندکار خیلی سریع با سازند واکنش می دهند بنابراین اگر در عملیات اسیدکاری هدف تمیزسازی اطراف دهانه چاه باشد از این نوع اسید استفاده می گردد تا در سریع ترین زمان ممکن به نتیجه مورد نظر برسیم. اسیدهای کندکار به مرور زمان و به کندی با سازند واکنش می دهند و در صورتی که هدف تمیزسازی در عمق سازند و تا مسافتی دور از دهانه چاه باشد از اسیدهای کندکار استفاده می شود تا اسید فرصت کافی برای طی مسیر و رسیدن به نقطه مورد نظر و سپس واکنش با سازند را داشته باشد. دقت در انتخاب نوع اسید مورد استفاده در عملیات اسیدکاری از اهمیت بالایی برخوردار است. معمولا در سازندهای کربناته در صورتیکه محدودیت دمایی نباشد از اسید کلریدریک استفاده می گردد. در سازندهای ماسه سنگی طراحی عملیات اسیدکاری به علت طبیعت پیچیده و ناهمگونان سازند دشوار و حائز اهمیت است و معمولا از ترکیب اسید فلوریدریک با سایر اسیدها انجام می گیرد. همچنین تجربه نشان داده که در سازندهای با دمای بالا استفاده از اسیدهای آلی به جای اسیدهای معدنی موثرتر خواهد بود. [۶ و ۷]

در این عملیات با توجه به جنس سازند تولیدی، اسیدکاری با استفاده از اسید کلریدریک با غلظت ۱۵ درصد و به میزان ۱۸۰ بشکه و اسید کند کار به میزان ۳۸۸ بشکه و متعاقب آن ۴۴۹ بشکه گازوئیل توسط دستگاه لوله مغزی سیار انجام گرفت.



۵- آنالیز داده ها

با استفاده از نرم افزار Pansys تغییرات فشار نسبت به زمان و میزان افت فشار برای قبل و بعد از عملیات اسیدکاری بررسی گردید. با توجه به جدول ۴، تراوایی سازند تولیدی بعد از انجام اسیدکاری نسبت به تراوایی سازند تولیدی قبل از انجام اسیدکاری افزایش یافته که نشان دهنده بهبود وضعیت جریان چاه در نتیجه انجام عملیات اسیدکاری است. از سوی دیگر با توجه به اینکه ضریب پوسته متغیری است که نشان دهنده میزان افت فشار در سازند می باشد، با مقایسه این متغیر قبل و بعد از اسیدکاری مشاهده می شود که با انجام اسیدکاری ضریب پوسته کاهش یافته که این مطلب موید موفقیت آمیز بودن اسیدکاری چاه است.

جدول ۴: مقایسه پارامترهای سازند قبل و بعد از اسیدکاری

ضریب پوسته		نفوذ پذیری (میلی داری)	
بعد از اسیدکاری	قبل از اسیدکاری	بعد از اسیدکاری	قبل از اسیدکاری
۰/۲۳۷-	۲۶/۱	۱۶۰/۳	۵/۷

۶- بررسی تاثیر اسیدکاری بر تولید از چاه مورد مطالعه

افت فشار به صورت مستقیم با ضریب پوسته و بطور معکوس با تراوایی سازند مرتبط می باشد. انجام عملیات اسیدکاری در این چاه تراوایی سازند را افزایش و ضریب پوسته را کاهش داده که هر دو عامل موجب کاهش افت فشار می گردند. همانطور که در جدول ۵ مشخص گردیده با مقایسه نتایج قبل و بعد از اسیدکاری در می یابیم که فشار جریانی چاه حدود ۷۰۰ پام و دبی تولیدی از چاه حدود ۵ میلیون فوت مکعب در روز افزایش داشته است. لذا نتایج بیان کننده بهبود وضعیت جریانی چاه و موید موفقیت آمیز بودن این عملیات می باشد.

جدول ۵: مقایسه وضعیت چاه قبل و بعد از اسیدکاری

دبی تولیدی (م.ف.م.ر)		فشار جریانی سر چاه (پام)	
بعد از اسیدکاری	قبل از اسیدکاری	بعد از اسیدکاری	قبل از اسیدکاری
۱۶	۱۰/۷۹	۱۵۰۷	۸۱۰

توجه به این نکته ضروری است که در صورتی که چاه بصورت حفره باز تکمیل شده باشد قبل از انجام عملیات اسیدکاری می بایست فاصله تا سطح تماس با آب بررسی گردد، چرا که اسید می تواند منافذ ورود آب به چاه را نیز باز کرده و باعث تولید آب از چاه شود.

۷- نتیجه گیری و پیشنهادات



- مقایسه عوامل مختلف مربوط به قبل و بعد از عملیات اسیدکاری از جمله کاهش افت فشار، افزایش میزان تراوایی و افزایش شاخص بهره دهی چاه نشان دهنده موفقیت آمیز بودن اسیدکاری بر روی این چاه می باشد.
- قبل از عملیات اسیدکاری، با انجام آزمایشاتی از قبیل Injectivity Test جهت تعیین میزان تزریق پذیری سازنده، Core Test جهت مشاهده تاثیر اسید بر سنگ مخزن و همچنین Bottle Test جهت تعیین تاثیر اسید تزریقی بر روی سیال سازنده می توان غلظت و نوع اسید مناسب برای هر چاه را مشخص و از تشکیل رسوب های لجنی یا امولسیون های چند فازیناشی از تماس اسید با سیال تولیدی (به خصوص در چاههای نفتی) جلوگیری نمود.
- استفاده از نرم افزار های کامپیوتری ویژه جهت انجام محاسبات و طراحی صحیح عملیات اسیدکاری مورد نیاز توصیه می گردد.

منابع

- [1] Larry W. Lake, SPE handbook, Vol. IV, Chapter 7
- [۲] عبدالله اسماعیلی، "اسیدکاری سازنده جهت بهبود بازیافت نفت در یکی از مخازن جنوب ایران"، ماهنامه اکتشاف و تولید، شماره ۱۰۶، آبان ۱۳۹۲
- [3] Best Practices, "Carbonate Matrix Acidizing Treatments", Halliburton, 2002.
- [۴] امیر حسین زاده هلاله، "آنالیز بهبود آسیب چندگانه چاه با استفاده از لایه شکافی اسیدی در یکی از مخازن نفتی جنوب غرب ایران"، ماهنامه اکتشاف و تولید، شماره ۱۰۱، خرداد ۱۳۹۲
- [5] Sutton, G.D. and Lasater, R.M., "Aspects of Acid Additive Selection in Sandstone Acidizing", Paper SPE 4114, the 47th SPE Annual Fall Meeting, San Antonio, Tex., October, 8-11, 2008.
- [6] D.R. Behenna. "Acidating and other Matrix Treatments", Department of Petroleum Engineering, Heriot-watt University, 1999.
- [۷] وبسایت www.iranianeng.com