Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

بررسی آزمایشگاهی دو پارامتر انرژی ویژه و نرخ نفوذ در تکنولوژی حفاری با لیزر برای چاه‌های نفت و گاز ایران

سید علی شفیعی[۱]، سروش شریف نیا [۲] ، حسین اعلمی‌نیا[۳]

دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان

Syedali_shafiee@yahoo.com

چکیده

استفاده از تکنولوژی‌های جدید در صنعت حفاری چاه‌های نفت و گاز ضروری است. در دهه‌های اخیر صنعت حفاری پیشرفت هایی داشته است که از مهم ترین آن‌ها می‌توان به جایگزینی حفاریدورانی با حفاریکابلی اشاره نمود. در سال‌های اخیر روش‌های جدید متعددی در زمینه حفاری‌های نوین پیشنهاد شده است. یکی از روش‌های قابل قبول که نظر بسیاری از مهندسین را به خود جلب کرده است، حفاری چاه‌های نفت و گاز با استفاده از تکنولوژی لیزر می‌باشد که دارای مزایای بسیاری نسبت به روش‌های قدیمی حفاری است، نظیر نرخ نفوذ بالا، کاهش یا حذف تریپ‌ها و لوله‌های جداری و استهلاک مته، و همچنین بهبود کنترل چاه می‌باشد. هر چند آزمایش‌های متعددیدر این زمینه صورت گرفته، اما تاکنون این نوع حفاری به صورت میدانی و عملی انجام نشده است، زیرا هر تغییر و جایگزینی نیازمند داده‌ها و اثبات‌های قوی است. در این مقاله سعی شده است با استفاده از آزمایش هایینظیر تاثیر پرتوافکنی با لیزر کربن دی اکسید بر روی سازند ساروک، که برای اولین بار در ایران انجام گرفته به منظور ورود تکنولوژی لیزر به صنعت حفاری داده‌های منطقیاستدلال‌های محکمی ارایه گردد. این داده‌ها براساس نوع دستگاه‌های موجود و امکانات محدود در دسترس به دست آمده اند.

واژه‌های کلیدی: حفاری‌های نوین، نرخ نفوذ، حفاری لیزر

۱- دانشجوی کارشناسی مهندسی نفت
۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی نفت
۳- عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی نفت

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

۱- مقدمه

امروزه حفاری‌های نوین و بررسی روش‌های ممکن برای جایگزینی حفاری دورانی، بحث مورد علاقه بسیاری از سیاست گذاران صنعت نفت و مهندسین حفاری است. روش‌های متعددی برای جایگزینی حفاری دورانی پیشنهاد شده که از جملهآن‌ها می‌توان به حفاری با بخار آب، حفاری با فشار آب و حفاری با لیزر اشاره کرد. از بین این روش ها، شاید حفاری با لیزریکی از روش‌های قابل قبولی باشد که نسبت به سایر روش‌ها تحقیقات گسترده ای در رابطه با آن انجام شده است. خرد کننده لیزری سنگ، فرایندی جهت برداشتن سنگ است که در آن از تنش حرارتی ناشی از القای لیزری، برای شکستن سنگ به قطعات کوچک‌تر قبل از اینکه ذوب شدن سنگ اتفاق بیفتد استفاده می‌شود. قدرت بالای اشعه لیزر در مورد سنگ‌ها که اغلب هدایت گرمایی کمی دارند، موجب تمرکز منطقه‌ای حرارت روی سنگ می‌شود و دمای منطقه‌ای به صورت لحظه‌ای افزایش می‌یابد [1]. حداکثر دما باید کمتر از دمای ذوب سنگ باشد که این دما را به وسیله کنترل دقیق پارامترهای لیزر می‌توان به دست آورد. در نتیجه اینکه تنش حرارتی که در زیر سطح زمین توسط لیزر به سنگ القا می‌شود برای خرد شدن سنگ کافی است و این پروسه روی سطح جدید سنگ ادامه می‌یابد و از فشار بالای هوای فشرده برای پاکسازی مسیر از تکه‌های خرد شده کمک گرفته می‌شود. در این مقاله متوجه می‌شویم که حفاری با لیزر نرخ نفوذ را تا ۱۰ تا ۱۰۰ برابر افزایش داده که این افزایش به جنس سنگ و شرایط مکانی حفاری بستگی دارد[2].

۲- استفاده از لیزر در حفاری نفت و گاز

برای ارسال اشعه لیزر به داخل چاه از فیبر نوری استفاده شده و در نهایت اشعه به مجموعه ای از لنزها منتقل گردیده و در نهایت اشعه دریافتی را به سطح سنگ منتقل می‌نمایند. محققان اعتقاد دارند که لیزر دارای قدرت نفوذ و سرعتی معادل ۱۰ برابر ابزار معمولی حفاری در سنگ می‌باشد که در نتیجه آن کاهش عمده ای درهزینه‌های حفاری ایجاد می‌شود. مطالعات اولیه نشان می‌دهد که قدرت نفوذ لیزر در سنگ، به این دلیل که عملاً لوله ای وجود ندارد، بیشتر است چون عملاً تماس مستقیمی با سنگ و مصالح ندارد و در نتیجه نیازی هم به خارج ساختن لوله‌ها و تعویض سر مته فرسوده وجود ندارد. نکته جالب دیگر آن است که در اثر تماس لیزر با سنگ حرارت بسیار بالایی ایجاد می‌گردد که موجب ذوب سنگ و ایجاد یک غلاف سرامیک مانند بر روی دیواره چاه خواهد شد و هزینه‌های رایج برای خرید و نصب لوله‌های فولادی جداری یا کیسینگ را حذف خواهد کرد. در صورت استفاده ازمتد جدید می‌توان یک سری سنسورهای خاص را نیز به درون چاه ارسال نموده و توسط آنها اوضاع وروند پیشرفت حفاری را در سطح زمین مشاهده نمود. در گذشته از امواج پالسی برای بریدن ورقه‌های فولادی استفاده می‌شد. بنابراین می‌توان انتظار داشت که بتواند با نیروی بسیار زیاد باعث قطع پیوند فیزیکی بین دانه‌ها و افزایش راندمان نفوذ در سنگ گردد. مسئله دیگر امکان استفاده همزمان ازاشعه و سیال حفاری در کنار یکدیگر می‌باشد. همانگونه که می‌دانید وجود سیال یا گل حفاری برای خارج ساختن خرده‌های حفاری از داخل چاه ضروریست اما در زمانیکه با لیزر حفاری می‌کنیم این سوال مطرح می‌گردد که آیا برای کنار زدن سیال توسط اشعه باید باز هم انرژی بیشتری صرف نمود؟ و بسیاری از سئوالات دیگر که احتمالاًدر زمان حفاری مطرح خواهند شد و باید به آنها پاسخ قانع کننده داد[1] و [6] و [7] .

www.SID.ir

Archive of SID

۳- آزمایشات

۳-۱ در این آزمایش از سه گروه ماسه سنگ، سنگ آهک و شیل استفاده شده است (جدول ۱). هر کدام از این سه گروه نیز شامل سه نوع سنگ با عمق، میزان تخلخل و اشباع متفاوت می‌باشند. از هر کدام از این سه گروه، یک نمونه سنگ با آب اشباع شد تا بتوان مقایسه‌های دقیقی انجام داد. برای اولین بار در کشور از دستگاه سی تی اسکن به منظور مشاهده تغییرات قبل و بعد از عملیات لیزر استفاده شد. دستگاه سی تی اسکنPicker1200 با ولتاژ ۱۳۰kw و مقدار جریان ۸۰ مگا آمپر در مدت زمان ۲ ثانیه مورد استفاده قرار گرفت. از تمامی ۹ نمونه، تصویر برداری سی تی اسکن انجام شد و نمونه‌ها در آزمایشگاه لیزر موردحفاری قرار گرفتند. سیستم لیزری مورد استفاده در این آزمایش، دستگاه DC-G-2512 با توان W ۷۰ و مکانیسم کاری امواج پیوسته بود. سیستم لیزر از ۱۰۰٪ توان خود استفاده کرده و سرعت پرتوزایی اشعه آن حدود ۱۰mm/s بود. در این آزمایش برای حفاری از مکانیسم مارپیچی استفاده شد. در این مکانیزم سنگ در مدت ۶۶ ثانیه به قطر cm ۱ حفاری گردید. پس از آن از نمونه‌ها مجدداً تصویر برداری سی تی اسکن صورت گرفت.

پس از انجام آزمایش موارد ذیل مورد بررسی قرار گرفت:

۱- مقدار انرژی مخصوص (SE)

۲- نرخ حفاری(ROP)

۳-مقایسه نرخ حفاری و انرژی مخصوص برای نمونه‌های اشباع و غیر اشباع

۴- تاثیر حفاری با لیزر بر هزینه‌های حفاری

۵- تاثیر حفاری با لیزر بر مدیریت محیط زیست

نمونه سنگ هاییکه در این آزمایش استفاده گردید، از سازندهایی انتخاب شد که در هنگام حفاری آن‌ها بیش ترین مواجهه با این نوع سنگ‌ها است.

همان طور که پیش از این نیز اشاره شد، نرخ حفاری به دو عامل SP و SE بستگی دارد. در آزمایش‌های انجام شده، مقدار SP با ثابت بودن سطح مقطع حفاری برای تمامی نمونه‌ها (cm ۱) مقداری ثابت ودر حدود $۸۹/۱۷۲w/cm^2$ بوده است. با ثابت بودن SP و تغییرات در میزان SE نرخ حفاری برای هر نمونه سنگ متفاوت می‌باشد. میزان SE وابسته به نوع سنگ و مشخصات فیزیکی سنگ مانند ضریب انتقال گرما، تخلخل، دانسیته و. . . می‌باشد [1] و [5] .

۳-۱-۱ مشاهدات

الف. مقدار انرژی مخصوص (SE)

انرژی مخصوص برای ماسه سنگ در حدود ۳۲ تاj/cm^3 ۳۶ می‌باشد. این مقدار برای سنگ آهک در حدود ۳۹ تا j/cm^3 ۴۲و برای شیل در حدود ۴۲ تا j/cm^2 ۴۵ است. با توجه به این که انرژی مخصوص به اشعه هاییکه منعکس، پخش یا جذب می‌شوند وابسته است، این مطلب استنباط می‌شود که میزان اشعه‌های جذب شده در ماسه سنگ بیش تر از سنگ‌های دیگر است. البته با توجه به نتایج آزمایش‌های انجام شده، این مطلب برای نمونه‌های اشباع معکوس می‌باشد. این تفاوت در مقدار انرژی مخصوص و در نتیجه سرعت حفاری براساس چندین عامل قابل توجیه است که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود. [1] و [6] .

www.SID.ir

Archive of SID

ب. سرعت حفاری(ROP)

پس از اندازه گیری سرعت حفاری برای هر نمونه سنگ، مشخص شد که بیش ترین نرخ حفاری مربوط به ماسه سنگ است. همچنین آزمایش‌ها نشان می‌دهد که بیش ترین ضریب گرمایی جابه جایی مربوط به این نوع سنگ بوده و همان طور که اشاره شد، با افزایش ضریب انتقال گرمایی، ریز شکستگی هاییکه در اثر تابش لیزری بر روی سنگ ایجاد می‌شوند، افزایش می‌یابد. با افزایش این ریز شکستگی ها، سرعت حفاری بالا رفته و سنگ در مدت زمان کم تری حفاری می‌شود. همچنین افزایش ریزشکستگی‌ها که در داخل ماتریس سنگ و سطح آن اتفاق می‌افتد، باعث افزایش تراوایی سنگ می‌گردد. در این بررسی‌ها از لیزر کم توان (در حدود ۷۰ W) استفاده شده است؛ در حالیکه امروزه آزمایش‌های لیزری با لیزرهای پر توان (در حدود ۶۰ KW) انجام می‌شوند. با بهبود و افزایش توان سیستم، می‌توان سرعت حفاری را بالا برد(همچنین با تغییر پارامترهایی از جمله طول موج، نوع لیزر، نوع فیبرهای انتقال دهنده توان لیزر و. . .). [1] و [2].

پ. مقایسه سرعت حفاری و انرژی مخصوص

نرخ حفاری و میزان SE برای نمونه‌های غیر اشباع، کاملاً بانمونه‌های اشباع متفاوت است. محدوده انرژی مخصوص برای نمونه‌های اشباع شیل در حدود j/cm^3 ۳۱، سنگ آهک در حدود j/cm^3 ۵۹ و برای ماسه سنگ در حدود j/cm^3 ۸۴ می‌باشد. با توجه به مقادیر یاد شده، بیش ترین نرخ حفاری برای نمونه‌های اشباع متعلق به شیل وسپس سنگ آهک و ماسه سنگ است. این موضوع از آن جا اهمیت پیدا می‌کند که در حفاری چاه‌های نفت و گاز، بیش ترین مقدار حفاری متعلق به سازندهای شیلی است. شیل دارای تخلخل زیاد ولی تراوایی کم بوده وبا توجه به عمقآن چگالی آن نیز فرق می‌کند. با توجه به نتایج آزمایش می‌توان دلیل این موضوع را به نسبت اشباعسنگ نیز مربوط ساخت. همان طور که در نتایج آزمایش مشاهده می‌شود، اشباع ماسه سنگ بیش تر ازشیل بوده و مقدار آب بیش تری را در ساختمان خود حفظ می‌کند. بنابراین در هنگام تابش لیزر بر سطح ماسه سنگ، بیش ترین میزان توان لیزر صرف تبخیر آب موجود در ساختمان سنگ شده و انرژی منتقل شده به سنگ کاهش می‌یابد. این امر باعث کم شدن نرخ حفاری در نمونه‌های اشباع نسبت به نمونه‌های غیر اشباع می‌گردد. البته این مطلب برای شیل استثنا است؛ زیرا با اشباع شیل، سرعت حفاری آن نیزافزایش می‌یابد. به طوری که نرخ حفاری لیزری شیل اشباع بیش تر از نرخ حفاری ماسه سنگ غیر اشباع است. [1] و [2].

۳-۲سه نوع سنگ در اینجا مورد مطالعه قرار گرفت که شامل ماسه سنگ، سنگ آهکی و شیل می‌باشد(شکل ۱). انواع سنگ‌ها را بعد از عملیات لیزر نشان می‌دهد. انرژی ویژه مطلق نمونه سنگ‌های در نظر گرفته شده به عنوان یک خاصیت فیزیکی ذاتی از سنگ می‌باشند، بیشتر شبیه تخلخل و تراوایی، و نباید صرفنظر از تکنیک‌های برداشت سنگ به کار برده شده، تغییر کند. هر مقدار اندازه گیری شده ای برای انرژی ویژه می‌تواند موجود باشد، با وجود این، براساس پارامترهای تکنیک برداشت سنگ به کار برده شده می‌باشد. این مقادیر می‌توانند انرژی ویژه را به عنوان تکنیک‌های برداشت سنگ در اختیار ما قرار دهد، که در رابطه با پاسخ‌های مکانیسم‌های اولیه و ثانویه از خود سنگ موثرتر می‌شود. از آنجا که انرژی ویژه به عنوان غلظت نیروی پرتو(درخشندگی) برای یک مدت زمان خاص بر حجم سنگ برداشته شده تعریف می‌شود، برای اندازه گیری این فاکتورها باید دقت لازم اعمال شود. [2].

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۲-۱ نتایج:

مقدار انرژی ویژه برای هر کدام از نمونه سنگ ها:

طبق جدول ۱، همانطور که نشان داده شده است، مقدار انرژی لازم برای واحد حجم ماسه سنگ در مقایسه با دیگر نمونه‌ها کمتر است. مقدار این انرژی برای ماسه سنگ بین ۳۲ تا ۳۶ Kj/cm^2، برای سنگ آهکی بین ۳۴ تا ۴۲Kj/cm^2و برای شیل بین ۴۲ تا ۴۵ Kj/cm^2 می‌باشد. طبق این مطلب انرژی ویژه وابسته به تابش جذب شده، پراکنده شده و منعکس شده می‌باشد. این مطلب استنتاج می‌گردد که مقدار اشعه جذب شده در ماسه سنگ بیشتر از مقدار اشعه جذب شده در سنگ آهک و شیل می‌باشد. نمودار شماره ۱ این مطلب را به وضوح نشان می‌هد. [2] و [3] .

مقایسه ROP برای نمونه‌های اشباع و تحت اشباع:

ما در اینجا یک نتیجه گیری جالب را مشاهده می‌کنیم. انرژی ویژه و ROP برای نمونه‌های اشباع به طور کامل برعکس انرژی ویژه و ROP در نمونه‌های تحت اشباع می‌باشد. مقدار تقریبیانرژی ویژه در شیل‌ها تقریبا ۳۱Kj/cm^2، ۵۹ Kj/cm^2 برای سنگ آهکی و ۸۴ Kj/cm^2 برای ماسه سنگ می‌باشد، بنابراین، مقدار ROP در شیل‌ها بیشتر از ماسه سنگ می‌باشد. نمودار ۲ این مطلب را به وضوح نمایش می‌دهد. [1]

۳-۲-۲ سنگ اهکی

در این مطالعه سنگ اهکی که شامل نفت خام سنگین و سبک از سازند ساروک ایران استفاده شد.

۳-۲-۳ پرتو افکنی لیزر

سنگ اهک با یک لیزر با پرتوی کربن دی اکسید نوع E. Marion لیزر CO_2پرتو افکنی شد. طول موج پرتو ۱۰. ۶میلیمتر بود. طول موج تقریبا ۱۰تا ۳۰بار بلندتر از دیگر لیزرهایی نظیر Nd:YAG میباشد و اغلب به عنوان منبعی که پرتوی گرمایی مناسب تر از پرتوی نورانی میباشد مورد بررسی قرار میگیرد. نمونه‌های سنگ اهکی تحت پرتو افکنی با یک تک پرتو با غلظت خاص در زمان‌های متفاوت قرار گرفت. همه ی آزمایشات با استفاده از از یک لیزر که دارای توان ۵۰وات تولیدی می‌باشد انجام شد. نمونه‌های برش خورده شده از جنس سنگ اهک بر روی یک سطح صاف قرار گرفت، زیر نوک پرتوی لیزر، در طول پرتو افکنی، پرتوی لیزر به صورت عمودی به نمونه‌ها پرتو افکنی شد(شکل۲). در هرکدام از این دفعات، لیزر ۰. ۵ میلیمتر مربع از سنگ اهک را تحت تاثیر قرار داد. [2] و [3] .

۳-۲-۴ طبقه بندی سنگ‌های اهکی

www.SID.ir

Archive of SID

از آن جایی که سنگ اهک شامل نفت خام سبک و سنگین که توانایی جذب مقدار اصلی توان پرتوی لیزر را دارد، طیف جذبی از نفت سبک و سنگین بایک اسپکتوفتومتر Varian cary 500 در دمای اتاق اندازه گیری شد سنگ شناسی سنگ اهک که شامل نفت سبک و سنگین است نشان داد که استفاده از یک اسکن با میکروسکوپ الکترونی قبل و بعد از پرتو افکنی لیزر نشان داده شد.

۳-۲-۵ نتایج اسپکتوفتومتری

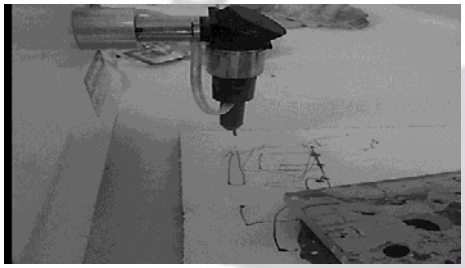
تاثیرات واگرایی و انکسار با افزایش توان لیزر CO_2 افزایش یافت، بنابراین حصول یک تاثیر پرتو سخت تر شد. بسیاری از مواد رایج شامل چوب کاغذ پلاستیک پلی مر کامپوزیت و سطوح فلزی دارای یک پیک جذب بسیار خوب در این طول موج میباشد. طیف UV-مرئی-IRاز نفت سنگین و نفت سبک در نمودارهای ۳و ۴ ارائه شده است. [2]

۳-۲-۶ بهینه سازی حفاری

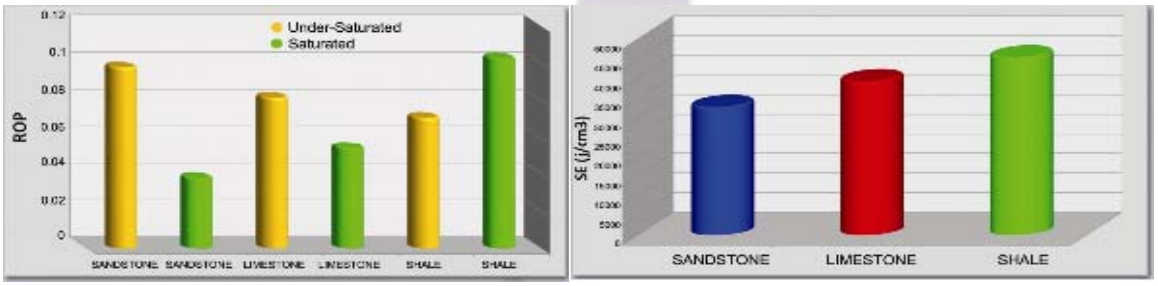
آنالیزهای پایانی در این مطالعه انالیز داده ای می‌باشد که تاثیر عملکرد را نظیرپارامترهای نرخ نفوذ به سمت کاهش دادن هزینه‌های حفاری، افزایش می‌دهد.

۴- شکل ها و نمودارها

شکل۱. سنگ های مورد آزمایش، از چپ به راست سنگ آهک، شیل، ماسه سنگ



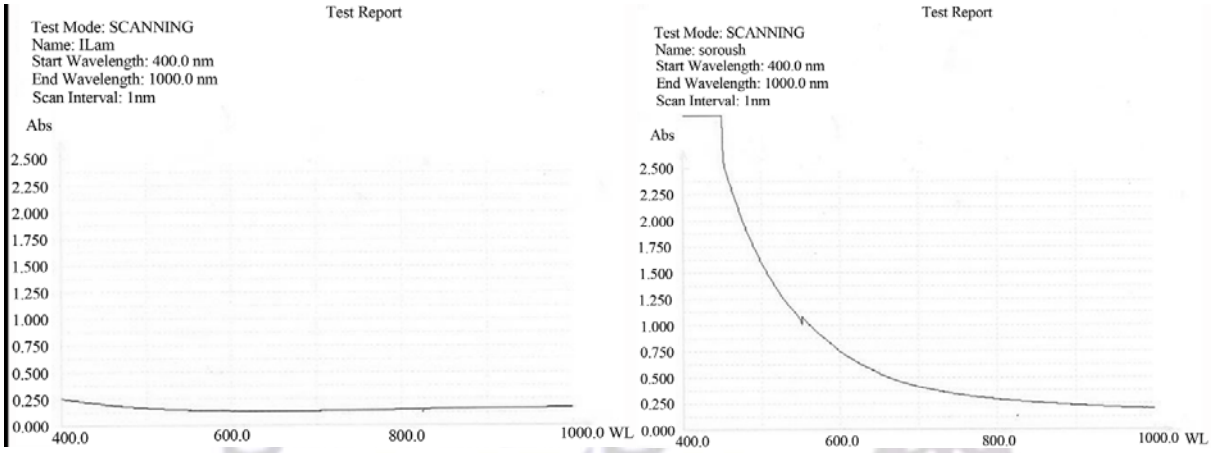
شکل ۲



نمودار۱. مقدار انرژی ویژه برای هرکدام از نمونه هانمودار ۲. نرخ نفوذ برای هر کدام از نمونه سنگ ها

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۴ نمودار ۳

samples	SE(j/cm^3)	ROP(cm/s)	ROP(m/h)
Sandstone 1	84075	0.001	0.0382
Sandstone 2	36783	0.0024	0.0873
Sandstone 3	32696	0.0027	0.0981
Limestone 1	58853	0.0015	0.0546
Limestone 2	39235	0.0022	0.0818
Limestone 3	42038	0.0021	0.0763
Shale 1	30976	0.0028	0.1036
Shale 2	45273	0.0019	0.0706
Shale 3	42038	0.0021	0.0763

جدول ۱. اندازه گیری های مربوط به نرخ نفوذ و انرژی ویژه(نمونه های اشباع شده)

www.SID.ir

Archive of SID

۵- نتیجه گیری

استفاده از تکنولوژی لیزر می‌تواند مزایای زیادی برای صنعت نفت داشته باشد و این مطلب وابسته نوع لیزر و پارامترهای آن می‌باشد. ، همانطور که در این مقاله ثابت شده است، ورود لیزر به حفاری چاه‌های نفت و گاز به پیشرفت در این صنعت کمک می‌کند و باعث تغییرات قابل ملاحظه ای در صنعت نفت می‌گردد. همانطور که در این مقاله ملاحظه کردید، افزایش مقدار ROP در وابسته به کاهش مقدار انرژی لازم، برای حجم واحد سنگ اتفاق می‌افتد و این افزایش در ROP در ماسه سنگ از دیگر نمونه‌ها بیشتر است. بیشتر مخازن در ایران سازندهای آهکی می‌باشند و این مکانیزم می‌تواند کمک شایانی به حفاری سازندهای ایران با افزایش ۱۰ تا ۱۰۰ برابری ROPبکند. برخی از مزایای استفاده از لیزر برای حفاری چاه‌های نفت و گاز در زیر نام برده شده است:

۱. کاهش زمان‌های توقف در طول حفاری با افزایش دادن زمان تریپ
۲. ایجاد لوله جداری سرامیکی در دهانه چاه بخاطر ذوب شدن سنگ
۳. کاهش هزینه‌های حفاری
۴. افزایش ROP (۱۰ تا ۱۰۰ برابر شدن مقدار نرخ نفوذ)

۶- علایم و متغیرها

ROP : نرخ نفوذ حفاری

SE : انرژی ویژه

۷- منابع

1- M. Bakhtbidar, M. Alimohammadi, M. Kazemi Asfeh, A. safaei, M. Bakhtbidar : Experimental Investigation of Adapting High Power Laser Technology for a Revolutionary Application in Oil and Gas Wells Drilling , 3rd Iranian Petroleum Engineering Congress , iran , 2011

2- A. Granmayeh Rad, M. Bazargan, A. Koohian, H. Jalalyfar : The Effects of Carbon Dioxide Laser Irradiation on Drilling of Limestone Included Crude Oil, Journal of Modern Physics, Article ID:44302,2014

3- W. Duan & K. Wang & X. Dong & X. Mei & W. Wang & Zh. Fan : Experimental characterizations of burr deposition in Nd:YAG laser drilling: a parametric study, Int J Adv Manuf Technol (2015) 76:1529–1542 , DOI 10.1007/s00170-014-6377-3, Springer-Verlag London 2014

4- Bazargan, M., Madani, A., Sharifi, H., Jalalyfar, H., Ghassemalaskary, K. and Rostamian, A. (2013) Utilization of Lasers in Petroleum Drilling Industry. IPTC-17019-MS.

5- Prof. Dr. Reinhart Poprawe M.A. : Laser drilling, DQS certified by DIN EN ISO 9001 Reg.-No.: DE-69572-01, 1552074 Aachen, Germany,2012

www.SID.ir

Archive of SID

6-Bazargan, M., Habibpour, M., Jalalyfar, H. and Granmayeh, A. (2012) Using the Laser Irradiation to Improve the Rate of Production of Iran South West Formation. SPE-163284-MS, SPE Kuwait International Petroleum Conference and Exhibition Held in Kuwait City, Kuwait, 10-12 December 2012.

7- امیر افضل کیانی شاهوند،داریوش شیرمردی، برزو عسکری، حسین محمدی : استراتژی روش مدرن استفاده ازتکنولوژی لیزر pullsednd:yag درافزایش نرخ نفوذ و کاهش هزینههای حفاری،ایران، فصلنامه تخصصی علمی ترویجی /تابستان / 1392 شماره ۴۲

www.SID.ir