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: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

مشبک کاری و اهمیت انتخاب نوع آن

sourena76@yahoo.com
rasoolkhosravanian@yahoo.com

سورنا جعفری زاده [۱]، رسول خسروانیان[۲]، بیژن اقبال پور[۳]
[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی امیرکبیر
[۲] عضو هیئت علمی دانشکده نفت دانشگاه صنعتی امیرکبیر
[۳] دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده:

بررسی تاثیر پارامترهای مختلف بر داده‌های چاه آزمایی نقش بسیار مهمی در مخازن نفت سنگین دارد. یکی ازاین پارامترها، میزان مشبک‌کاری سازندهای نفتی در نمودارهای چاه آزمایی است که خود را به‌صورت پوسته نشان می‌دهد و مهم‌ترین بخش در تکمیل یک چاه، مشبک‌کاری لایه بهره‌دهی آن است. این عمل به این معنی است که بین لایه تولیدکتنده و داخل چاه ارتباط برقرار نمایند تا نفت و گاز از سازند به درون حفره چاه راه پیدا کرده و سرانجام به سطح برسد. در سال‌های اخیر روش‌های جدیدی برای انجام این عملیات معرفی شده‌اند، اما استفاده از مشبک‌کننده‌های گلوله‌ای و شهاب فلزی کمکان شیوه معمول مشبک‌کاری در سراسر جهان به‌حساب می‌آیند. استفاده از این مواد علاوه بر وجود خطرات احتمالی جانی در هنگام استفاده باعث بوجود آمدن خسارات بسیاری به چاه و سازند توسط زائدات مشبک‌کاری گشته و مشکلات فراوانی را بوجود می‌آورند. دراین مقاله به بررسی انواع مشبک‌کاری‌ها و استفاده از لیزر برای انجام این عملیات می‌باشد. استفاده از لیزر علاوه بر کاهش خطرات روش‌های معمول، مزایای بسیار زیادی مانند افزایش تراوایی و عدم نیاز به عملیات تحریک، نفوذ کنترل شده و زاویه‌دار در سازند و عدم آسیب به چاه و لوله جداری را به‌دنبال دارد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که می‌توان با استفاده از این تکنولوژی و شبیه‌سازی مخزن و تحلیل داده‌های چاه آزمایی آن میزان مشبک‌کاری بهینه لایه نفتی را برای کاهش میزان آسیب به سازند و افزایش ضریب بهره‌دهی چاه تعیین نمود.

واژه های کلیدی: مشبک‌کاری، لیزر، کاهش میزان آسیب سازند، ضریب بهره‌دهی چاه

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: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

۱- مقدمه

مشبک کاری آخرین مرحله دسترسی به نفت خام یا گاز موجود در اعماق زمین است .مشبک کردن لوله جداری چاه،بخش اصلی عملیات تکمیل آن میباشد. قسمت عمده تکمیل یک چاه مشبک کردن لایه تولیدی آن میباشد . با این عمل ارتباط بین لایه تولیدی و چاه انجام میپذیرد . برای برقراری این ارتباط نیاز است که جداری پوششی چاه توسط گلوله های مشبک کاری سوراخ گردد .پس از مشبک کاری و ارتباط چاه باسنگ مخزن سیال بدرون چاه جریان یافته و امکان تولید از چاه مهیا می گردد . میزان تولید از چاه با انتخاب فواصل مناسب جهت مشبک کاری، بهینه سازی طول شبکه ها، تراکم و زاویه گلوله ها ارتباط مستقی مدارد.در چاه های جداری شده گازی و نفتی تکمیل چاه و ایجاد ارتباط بین سازند و ستون چاه از مشبک کاری استفاده می شود. انتخاب اعماق مشبک شده پس از مطالعه کامل سنگ مخزن، بررسی نمودارهای مربوط به مخزن صورت می گیرد.نتیجه ماه ها تلاش برای حفر چاه و تکمیل چاه به صحت عملیات مشبک کاری وابسته است و لذا دقت بالایی را می طلبد.

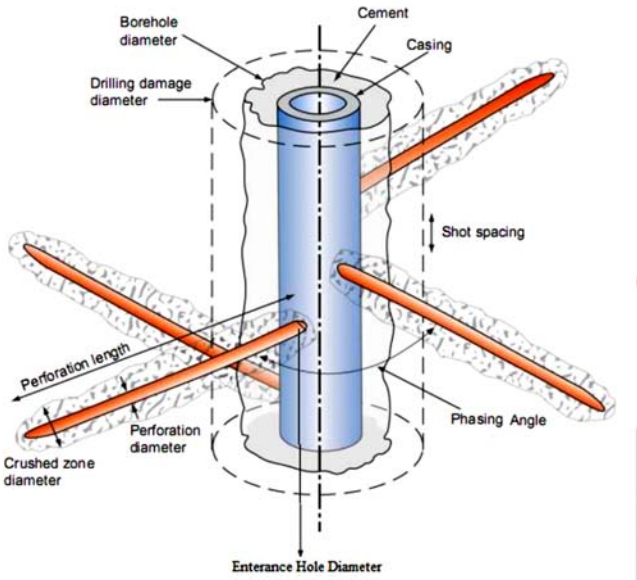
۲- پارامترهای مشبک کاری

مهمترین خصوصیات مشبک ها را می توان در چهار پارامتر خلاصه کرد. این پارامترها به شرح ذیل می باشند که در شکل نیز به تصویر درآمده اند:

- عمق نفوذ (Penetration Depth)
- قطر مشبک (Perforation Diameter)
- زاویه ایجاد مشبک (Perforation Phasing)
- تعداد مشبک ها در یک فوت (دانسیته مشبک کاری) (SPF)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱ : تصویری از نحوه‌ی مشبک‌کاری

۲-۱ عمق نفوذ مشبک

مهمترین عامل در طراحی عملیات مشبک کاری است. هر چه عمق نفوذ مشبک ها بیشتر باشد، مشبک ها عملکرد بهتری داشته و تولید بیشتر خواهد بود. جریان در مشبک ها خطی بوده و جریان متلاطم مشاهده خواهد شد.

عمق نفوذ مشبک ها را می توان از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$L_{pa} = L_p\left(\frac{۹/۵}{d}\right)$$

L_p= عمق نفوذ مشبک ها در جداری ۹/۵ اینچ و سیمان پشت آن است.

D: قطر جداری غیر از ۹/۵ اینچ

L_{pa}: عمق نفوذ در جداری غیر از ۹/۵ اینچ

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۲ قطر مشبک ها

هر چه قطر تونل ایجاد شده توسط مشبک کاری بزرگتر باشد چاه عملکرد جریانی بهتری خواهد داشت و از میزان افت فشار کاسته خواهد شد. هر چند این اثر در مقایسه با عمق نفوذ از اهمیت بسیار کمتری برخودار است.

۲-۳ تراکم گلوله ها (دانسیته گلوله ها) (SPF)

تعداد گلوله ها در واحد طول را دانسیته مشبک کاری گویند. هر چه تعداد گلوله ها در واحد بیشتر باشد تراک گلوله ها بیشتر خواهد بود و فاصله بین مشبک ها کمتر خواهد شد به طور کلی فاصله بین مشبک ها از رابطه زیر بدست می آید:

$$h(ft) = \frac{۱}{SFP}$$

$$h(in) = \frac{۱۲}{SFP}$$

به طور مثال در شکلیک به صورت 4SPF در هر فوت ۴ گلوله شلیک می شود و در شلیک به صورت 6SPF در هر فوت ۶ گلوله شلیک می شود بنابراین فاصله بین گلوله برابر خواهد بود با:

$$h(۴SPF) = \frac{۱}{۴} = ۰/۲۵\, ft = ۳in$$

$$h(۶SPF) = \frac{۱}{۶} = ۰/۱۶۶\, ft = ۲in$$

$$۱SPF < Shot\,Density < ۱۶\,SPF$$

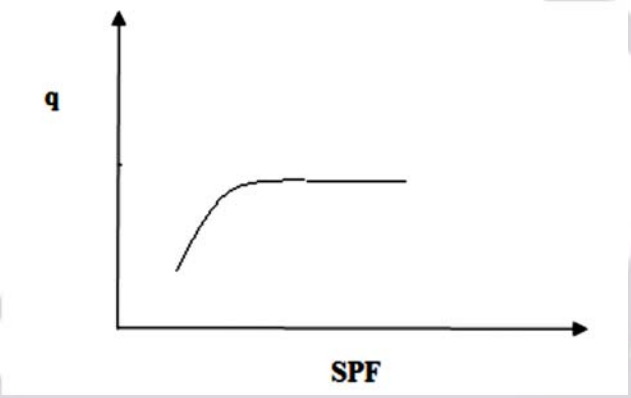
تراکم کم گلوله ها (Low Shot Density) در چاه های که در مخازن با نفوذ پذیری بالا تکمیل شده اند و PI بالایی دارند و یا چاه های تزریقی که دبی تزریقی کنترل شده ای دارند کاربرد دارد و مشبک کاری با تراکم بالا (High Shot Density) برای مخازن با تراوایی کم و مخازنی که برای تولید نشدن شن نیاز افت فشار کم در نزدیکی دیواره چاه می باشند کاربرد دارد. به طور خلاصه:

www.SID.ir

Archive of SID

$K \uparrow \quad SPF \downarrow$
$K \downarrow \quad SPF \uparrow$

هر چه دانستیه مشبک کاری بیشتر شود موجب کاهش مقاومت جداری خواهد شد. استفاده از ۴ گلوله در فوت دارای میزان شخص بهره دهی برابر با طول معادل با حفره باز است. بنابراین افزایش دانستیه مشبک کاری از حدی بیشتر تأثیر بر روی دبی جریان نمی گذارد.



شکل۲ : رابطه ی دبی جریان و دانسیته مشبک کاری

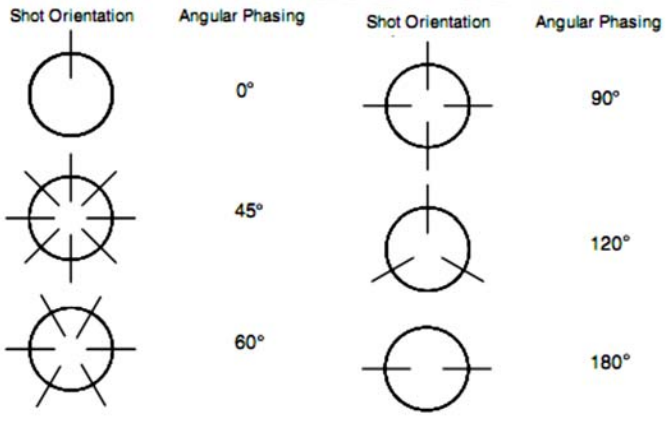
۲-۴ آرایش مشبک ها (Shot Phasing)

جهتی که گلوله های مشبک کننده شلیک می شوند با یکدیگر زاویه ای می سازد که آرایش های مختلفی را پدید می آورد. ۹می توان مشبک ها را نسبت به موقعیت چاه و شرایط عمل مشبک کننده ها در یک جهت قرار داد که به آن آرایش نواری Stripping گفته می شود. همچنین این گلوله های می توانند زوایای دیگری نیز با هم بسازند که در شکل زیر مشاهده می شود.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۳ :ابزار مشبک کاری

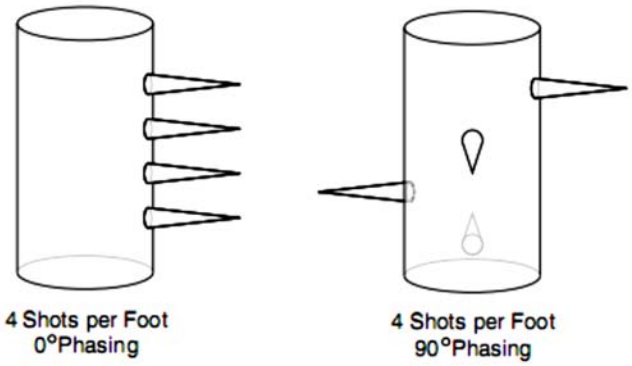


شکل ۴ : زوایای مشبک کاری

زاویه ۹۰ درجه بهترین حالت تخلیه را در مخزن ایجاد می کند. زاویه صفر از تمامی حالات ضعیف تر است و زمانی مناسب است که چاه دارای دبی کم باشد و از پمپ در چاه استفاده شود. در شکل زیر آرایش گلوله ها را در کنار یکدیگر می توان مشاهده نمود:

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵: زوایای مشبک کاری

از آرایش نواری در زمانی که چاه با لوله مغزی تکمیل شده و فضای کمی در اختیار داریم استفاده می شود. زاویه آرایش گلوله ها به اندازه مشبک کننده، فاصله آن از جداری و نا همسانگردی سازند نسبت به تراوایی وابسته است.

۳-روش های مشبک کاری

- Bullet Perforation
- Jet Perforation
- مشبک‌کاری با استفاده از لیزر

۳-۱ روش Bullet Perforation

ابتدایی ترین روش مشبک کاری بوده که امروزه منسوخ شده است. بر روی یک دستگاه تیر انداز ۲۴ گلوله در فواصل ۸ سانتی متری با زاویه ۹۰ درجه جایگذاری شده اند و حدوداً ۱۳ گلوله در یک متر آتش می کند. حداکثر سه دستگاه تیراندازی را می توان به هم بست. قدرت گلوله های ایجاد کننده شبکه متغیر بوده و بستگی به عواملی همچون موارد ذیل دارد:

- کیفیت و میزان مواد منفجره
- فاصله بین دستگاه و لوله جداری
- جرم گلوله

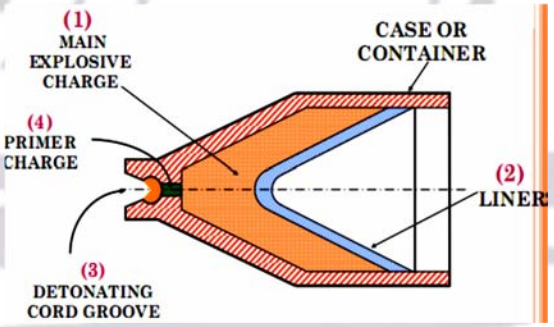
www.SID.ir

Archive of SID

سرعت این گلوله ها در حدود ft/s ۳۳۰۰ است و میزان نفوذ آن ۲ تا ۵ فوت است و از این گلوله ها برای سازندهای شیلی و نرم که دمای آن ها کمتر از ۲۷۰ درجه فارنهایت است می توان استفاده کرد. این گلوله در اطراف شکاف به وجود آمده ترک هایی نیز بوجود می آورند که می توان به جریان کمک کند.

۳-۲ روش شهاب فلزی (Jet Perforation)

در این نوع روش مشبک کاری به Shaped Charge نیز معروف است گلوله شلیک نمی شود، بلکه انفجار در باروت باعث تشکیل یک جت می شود که این جت با ایجاد فشار ۴ میلیون psi و سرعتی در حدود ۳۰۰۰۰ فوت بر ثانیه جداری را سوراخ کرده و وارد سازند می شود. بخشی از Liner به صورت مذاب پشت جت حرکت می کند که Carrot یا Slug نامیده می شود و هیچ نقشی در مشبک کاری ندارد. حتی در برخی اوقات با وارد شدن به شکاف باعث مسدود شدن آن و کاهش جریان سیال در شکاف می شود.



شکل ۵ : شهاب فلزی

این نوع مشبک کننده ها در سازنده های مستحکم و آهکی قابل استفاده هستند و تا دمای ۴۰۰ فارنهایت برای چاه نیز کارایی دارند. بر عکس حالت Bullet این نوع جت ها اطراف شکاف ترک ایجاد نمی کند.مهمترین عوامل تأثیرگذار بر روی عملکرد Jet Perforator ها به شرح ذیل می باشد.

- اندازه Gun و اندازه ماده منفجره
- فشار ته چاه، دما و چگالی سایل درون چاه
- Gun Clearance
- مقاومت جداری، ضخامت جداری و تعداد جداری

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۳ مشبک کاری با استفاده از تکنولوژی لیزر

در روش‌های معمول مشبک‌کاری نظیر Jet Perforation و Ballistic Perforation علاوه بر مشکلات ایمنی، کنترل اندازه و عمق سوراخ ایجاد شده نیز دشوار بوده و باعث آسیب سازند می‌شود. تحقیقات انجام گرفته برای یافتن روش‌های جایگزین مشبک‌کاری نشان داده‌است که لیزر به‌خوبی توانایی برش و مشبک-کاری سنگ‌ها را دارد. ضمن آنکه به‌دلیل انتقال حرارت فراوان برای سوراخ کردن سنگ، تراوایی و تخلخل سنگ نیز افزایش پیدا می‌کند. هر دو نوع سنگ مورد آزمایش یعنی Lime Stone و Sand Stone را می‌توان به گونه‌ای با لیزر مشبک‌کاری نمود. در مشبک‌کاری با لیزر اشعه لیزر با نمونه سنگ برخورد کرده و انرژی لیزر به سنگ انتقال می‌یابد. این انرژی باعث افزایش دما در نمونه سنگ می‌شود تا آنجا که خاصیت سیمان‌شدگی بین ذرات ذوب و یا بخار شده و می‌شکند. میزان تاثیر و بازدهی استفاده از لیزر به خواص فیزیکی و گرمایی سنگ بستگی دارد. کاربرد مدل ماتریس به‌دلیل اینکه با فرض عدم وجود آسیب‌دیدگی سازند در هنگام حفاری چاه و انجام پروسس مشبک‌کاری ارائه شده بود، کاربرد چندانی برای استفاده‌کنندگان نداشته است.

لیزر (Light Amplifications by Stimulated Emission of Radiation) این پرتو جادویی، سال‌های زیادی است که در صنایع مختلف کشورها، عملیات نظامی، پزشکی مورد استفاده قرار گرفته شده است. لیزرها انواع مختلفی دارند که از بین آنها، لیزرهای DLS .DP-Yag .LP-Yag CO_2، در برش‌کاری، جوشکاری و سوراخ‌کاری قطعات فلزی کاربرد گسترده‌ای دارند. در سال‌های گذشته با معرفی لیزرهای پرتوان فیبری، این دسته از لیزرها نیز به‌دلیل عمر بالای دستگاه، هزینه‌های بسیار پایین نگهداری و قابلیت تحرک بسیار بالا بعنوان جایگزین مناسبی برای لیزرهای فوق گشته‌اند. برای انتخاب نوع لیزر در عملیات مشبک‌کاری باید مقایسه‌ای بین انواع مختلف لیزرهای مورد استفاده در صنایع صورت گیرد تا بهترین نوع آن برای این کار انتخاب شود. جدول (۱) مقایسه پارامترهای مخالف لیزر کاربردی در صنایع مختلف را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ : پارامترهای مختلف لیزر کاربردی در صنایع مختلف

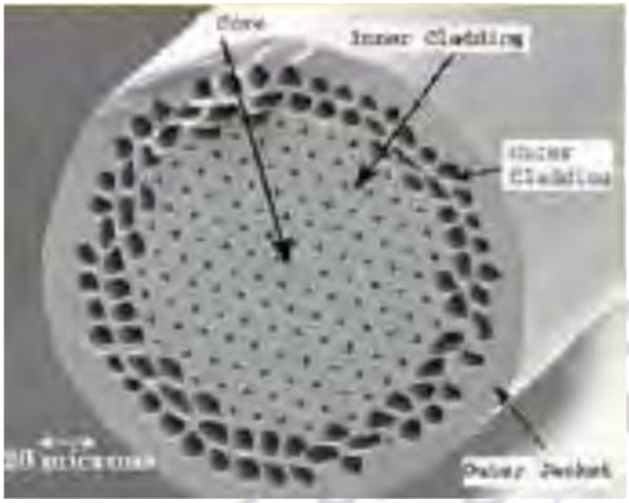
Parameter	Co_2	LP-Yag	DP-Yag	DLS	FL
Power,Kw	۱-۳۰	۱-۵	۱-۴	۱-۴	۱-۳۰
BPP,mrad*mm	۳-۶	۲۲	۲۲	<۲۰۰	۲-۲۵
WP Efficiency, %	۸-۱۰	۲-۳	۴-۶	۲۵-۳۰	۱۶-۲۰
Output Power stability	Bad	Bad	Bad	Good	Very good
Back reflection sensitivity	High	High	High	Min	Min
Foot print, m^2	۱۰-۲۰	۱۱	۹	۴	۰/۵
Electrical Power, Kw	۴۰-۵۰	۱۳۳-۲۰۰	۶۷-۱۰۰	۱۳-۱۶	۱۶-۲۵
Water, m^2/h	۱۰	۲۲	۶-۸	۸-۱۰	>۲
Mobility	N/A	N/A	N/A	Limited	High
LD/lamp replacement time, hrs.	–	۳۰۰-۵۰۰	۲۰۰۰-۵۰۰۰	۳۰۰۰-۴۰۰۰	–

از بین لیزرهای فیبری، Ytterbiumبه‌دلیل بازده بالاتر و قدرت بیشتر نسبت به لیزرهای هم‌کلاس خود، دارای کاربرد بیشتری نسبت به سایر انواع این سری از لیزرها مانند Erbiumیا Thuliumمی‌باشد.

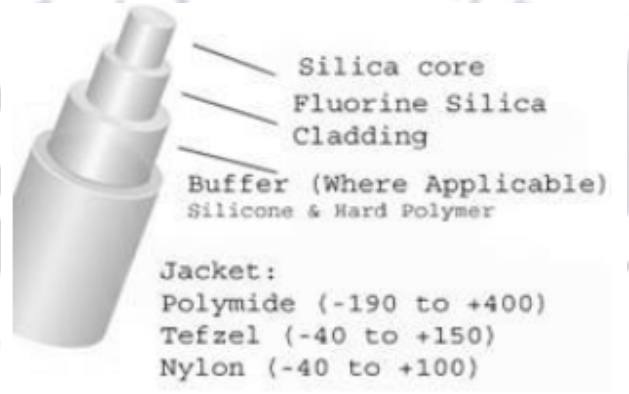
در شکل زیر ساختار داخلی فیبر نوری و اجزای آن آورده شده‌است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶ : ساختار داخلی فیبرهای لیزری



شکل ۷ : شکل داخلی فیبرهای لیزری

تکنولوژی لیزرهای فیبری مزایای جدیدی را نسبت به سایر لیزرهای صنعتی در اختیار ما قرار می‌دهد. بازده بالای این لیزر موجب می‌شود تا در شرایط یکسان عملیاتی، توان الکتریکی کمتری برای تولید قدرت خروجی واحد، نسبت به لیزرهای معمول YAGمورد نیاز باشد. به‌عنوان مثال برای تولید قدرت خروجی یکسان ۴ کیلوولت، لیزر Nd YAG نیازمند ۲۰۰ کیلوولت و لیزر Ytterbium، ۲۵ کیلوولت توان الکتریکی می‌باشد که این بیانگر کاهش ۸۷/۵ درصد در توان ورودی برای تولید خروجی یکسان می‌باشد. یکی دیگر از مزایای قابل توجه لیزر فیبری(Ytterbium)، عمر بالای این لیزرها در حدود ۵۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ ساعت می‌باشد. علاوه بر

www.SID.ir

Archive of SID

آن، این تکنولوژی نیاز به چیلر را محدود و در برخی موارد سیستم خنک‌سازی را حذف می‌نماید. هم‌چنین، پایداری قدرت خروجی این سیستم نسبت به سایر لیزرهای هم‌رده، قابل توجه می‌باشد. با بیان ویژگی‌های فوق و نگاهی به جدول ۱ که مقایسه‌ای بین انواع مخالف لیزرهای صنعتی می‌باشد، به‌نظر می‌رسد استفاده از (Ytterbium Fiber laser) با تکنولوژی فعلی بهترین نوع لیزر در مطالعات یافتن جایگزین برای روش‌های فعلی مشبک‌کاری چاه می‌باشد. این درحالی‌است که سیر پرشتاب تکنولوژی ساخت لیزرهای فیبری، افزایش قدرت YFL، کوچکتر شدن ابعاد دستگاه‌های تولید و ساخت فیبرهای بهتر در سال‌های آینده را نوید می‌دهد.

در بحث نحوه انجام عملیات دو گزینه به‌نظر می‌رسد. گزینه اول قرار دادن منبع لیزر در بالای چاه و انتقال پرتو لیزر توسط فیبر به محل مورد نظر است. از مزایای این روش می‌توان به این نکته اشاره نمود که در این شیوه، منبع لیزر که نسبت به دماهای بالا و ضربه حساس می‌باشد در مکان مناسبی قرار گرفته و مشکلی ازین جهت بوجود نمی‌آید. در این مورد باید ادامه مسیر توسط فیبر طی شود و برای جلوگیری از اتلاف زیاد در طول مسیر، دیودهای انتقال نور در فواصل مشخص در مسیر فیبر قرار گیرند. اگرچه مسیر توسط دیودها تقویت می‌شود اما به‌دلیل مقداری اتلاف در مسیر، منبعی پرقدرت برای تولید لیزر مورد نیاز است. گزینه دوم انتقال منبع لیزر به داخل تا حدامکان با توجه به ابعاد دستگاه و قطر چاه و ادامه مسیر توسط فیبر است. در این صورت منبع لیزر مورد استفاده می‌تواند دارای توان کمتری باشد، اما حفاظت آن از ضربه‌های وارد شده الزامی می‌باشد. هم‌چنین در محل انجام شلیک به سازند هدف، برای تسهیل در خروج موادی که توسط لیزر برداشته می‌شوند و برای کمک به تمیز نمودن معبر ایجاد شده، باید هوای فشرده توسط یک نازل به محل هدایت شود. مجموعه این عملیات، ما را در رسیدن به هدف انجام مشبک‌کاری با لیزر، یاری می‌دهد.

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های مشبک‌کاری با لیزر افزایش ضریب نفوذپذیری می‌باشد. یکی از معایب مشبک‌کاری با روش‌های قبلی، آسیب ذیذن سازند مورد اصابت گلوله می‌باشد. برای درک این مطلب، راندمان جریانی نمونه مغزه (Core Flow Efficiency) به صورت زیر تعریف می‌گردد.

$$CFE = \frac{k_p}{k_i}$$

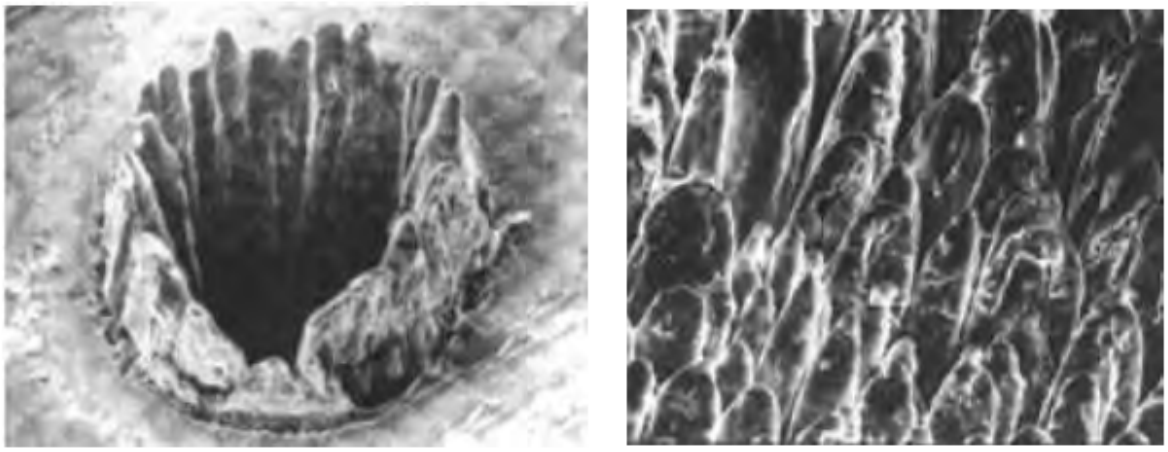
K_p: نفوذ پذیری موثر سازند بعد از عملیات مشبک‌کاری

K_i: نفوذ پذیری نسبی ایده‌آل سازند قبل از انجام عملیات مشبک‌کاری

www.SID.ir

Archive of SID

اگر CFE برابر با یک باشد، هیچ‌گونه آسیبی به سازند وارد نشده است و نفوذپذیری آن قبل و بعد از انجام عملیات مشبک‌کاری برابر است. با روش‌های فعلی و با توجه به آسیب‌های وارد شده، میزان CFEبین ۰/۶۵ تا ۰/۸۵ متغیر است و بصورت کلی این میزان کاهش پس از مشبک‌کاری درحدود ۲۰ درصد برآورد می-شود. این کاهش باعث می‌شود تا انجام عملیات تحریک پس از مشبک‌کاری ضروری باشد تا بتوان ارتباط بین مخزن و حفره چاه را برقرار نمود. این درحالی‌است که انجام عملیات مشبک‌کاری با YFLنه تنها آسیبی را به سازند وارد نمی‌کند بلکه میزان CFEرا افزایش می‌دهد. یکی از ویژگی‌های سطوحی که مورد تابش لیزر قرار گرفته‌اند، برجستگی مخروطی شکل است که پس از تابش برجا می‌ماند. در شکل ۳ اثر تابش لیزر و شکل‌گیری مخروط را نشان می‌دهد.

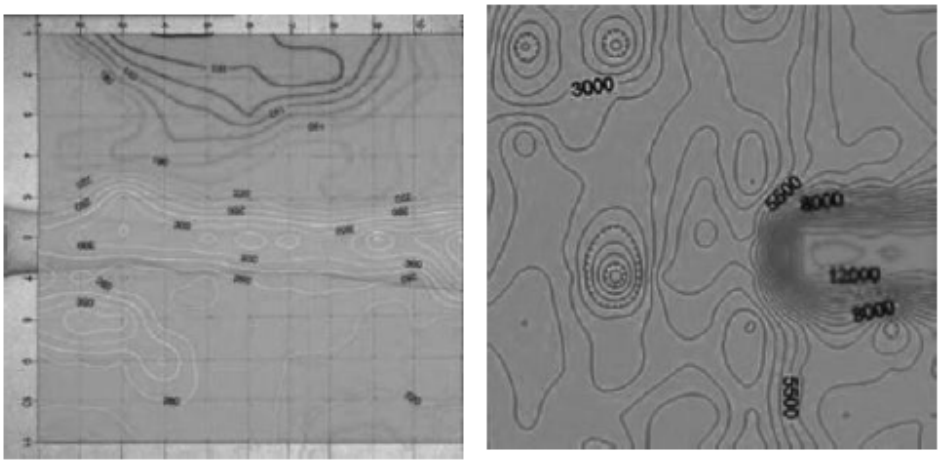


شکل ۸ : اثر تابش لیزرو شکل‌گیری مخروط

بررسی‌های انجام گرفته نشان می‌دهند که پس از انجام عملیات مشبک‌کاری با لیزر، نفوذپذیری معبر ایجاد شده بین ۱۵ تا ۳۰ درصد افزایش می‌یابد. اگرچه در بعضی از موارد، این افزایش تا ۳۰۰ درصد نیز مشاهده شده است. (شکل ۳-۵)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹: افزایش نفوذ پذیری در اثر استفاده از YFL

می‌توان گفت درصورت استفاده از YFL برای مشبک‌کاری، عملیات تحریک چاه هم‌زمان با ایجاد مسیر عبور سیال انجام می‌شود.

۴-نتیجه گیری

انجام مشبک‌کاری با روش‌های فعلی علاوه بر خطرات و ریسک بالای کار، آسیب‌های بسیار زیادی را به مجموعه چاه و سازند وارد می‌کند. در سال‌های اخیر با پیشرفت تکنولوژی لیزر و عرضه لیزرهای پرقدرت، امکان استفاده از این تکنیک در مشبک‌کاری چاه فراهم شده است. در صورت استفاده از این تکنیک مزایای بسیاری در اختیار ما قرار می‌گیرد. مکانیسم مشبک‌کاری با لیزر، با استفاده از انتقال حرارت کنترل می‌شود. با افزایش فشار روی سنگ، فشردگی آن بیشتر شده و فضاهای خالی کمتر می‌شود و انتقال حرارت کاراتری صورت می‌گیرد. همچنین در مشبک‌کاری با لیزر، تخریب سازند (Damge) به‌وجود نخواهد آمد و خرده‌های ریز که تخلخل را کاهش می‌دهند نیز حذف می‌شود. هم‌چنین کنترل قوی‌تری روی شکل، اندازه و زاویه تونل‌ها به‌دست می‌آید. با افزایش فشار، کارایی این روش به‌خصوص در مورد Lime Stoneبیشتر می‌شود. مشبک‌کاری تحت اشباع هیدروکربن SEبیشتری نسبت به نمونه خشک دارد اما این اثر در Lime Stoneبه‌علت کمتر بودن فضاهای خالی و اشباع کمتر، کمتر است.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱- عادل‌زاده. محمدرضا، اصول مهندسی و بهره‌برداری تولید،جلد اول، چاپ اول،تهران، انتشارات ستایش،۱۳۸۶

2- Gahan Brian C., BatarsehSamih, Sharma Bhargar: Analysis of Efficient high power lasers for well performation, SPE paper# 90661,2004

3- GalvanauskasAlmantas: Large mode area designs enhance fiber laser performance, SPE magazine, July 2004

4- Shiner Bill: New high power fiber laser enables Cutting-Edge Research, Laser technology, Gas TIP, winter 2004

۵- تقوی، آرش، مشبک کاری مخازن کربناته نفت سنگین، اولین کنفرانس و نمایشگاه تخصصی نفت

www.SID.ir