

کنترل برگشت جریان سیال در عملیات ایجاد شکاف

◀ هادی خلیلی °

مقدمه:

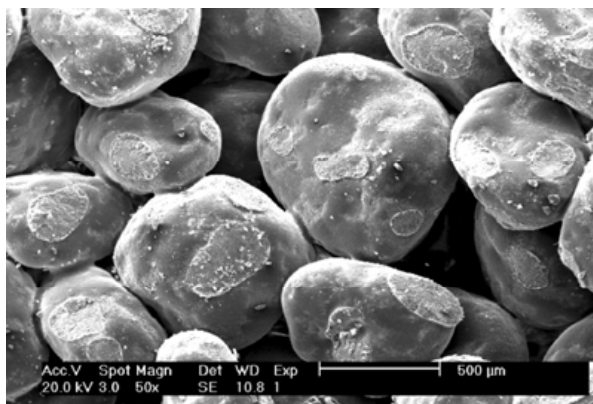
برگشت جریان پروپانت (Proppant) در عملیات ایجاد شکاف در لایه‌های پرمین (Permian) همواره به عنوان مشکلی عمده مطرح می‌شود. با خارج شدن پروپانت همراه سیال از شکاف‌های ایجاد شده گذردهی شکاف همچنین عرض آن کاهش می‌یابد. همین پدیده باعث پایین آمدن ضریب بهره‌دهی چاه می‌شود. اگر پروپانت خارج شده در درون چاه قرار گیرد، می‌تواند فضای مشبک‌کاری را مسدود کرده و موجب محدود شدن مسیر تولید سیال شود. در چنین شرایطی عملیات شستشوی چاه به منظور افزایش تولید معمولاً لازم است. اگر پروپانت تا تجهیزات تحت‌الارضی برسد، می‌تواند موجب آسیب جدی به تجهیزات درون چاهی مثل پمپ‌ها و تجهیزات سطح‌الارضی مانند فشارشکن، خطوط لوله و مخازن ذخیره شود. بسیاری از شرکت‌ها با استفاده از نوعی پروپانت پوشیده شده با رزین (Resin Coated Proppant, RCP) در انتهای عملیات ایجاد شکاف سعی در کاهش بازتولید پروپانت می‌کنند. در اواخر سال ۲۰۰۴ و اوایل ۲۰۰۵ تأمین‌کنندگان این نوع پروپانت با مشکل جدی در تأمین نیازهای بازار مواجه بودند. بنابراین شرکت‌ها تصمیم به استفاده از روشی سریع‌تر با عنوان سیستم رزین مایع (Liquid Resin System - LRS) گرفتند که جایگزینی برای RCP شمرده می‌شد. از آنجاکه LRS می‌تواند بر روی هر نوع ماسه یا پروپانت‌های مصنوعی با هر اندازه‌ای در محل سرچاه اضافه شود، مورد توجه بسیاری از شرکت‌ها قرار گرفته است.

سیاست‌های رزین مایع LRS

سیستم رزین مایع در واقع از رزین مایع و یک ماده برای سخت‌شدن آن تشکیل شده است و در محفظه‌های جداگانه‌ای حمل می‌شود. اگر این مواد آلوده نشوند یا با هم مخلوط نشود می‌تواند ماه‌ها خاصیت خود را حفظ کنند. فرآیند پوشش‌دهی پروپانت‌ها با LRS شامل پوشش‌دهی مستقیم آنها با مخلوط رزین و ماده سفت‌کننده در حین انتقال آنها به محفظه حاوی سیال ایجاد شکاف است و در واقع پوشش‌دهی آنها باید قبل از آمیختن پروپانت با ژل تزریق خانمه یافته باشد و بنابراین ژل دیگر نمی‌تواند با سطح پروپانت تماس داشته باشد زیرا رزین قبلاً کل سطح آن را پوشانده است. این شرایط باعث ایجاد شرایط همگونی در ماده پوشش‌دهنده می‌شود و احتمال انتقال رزین اضافی به درون چاه را کاهش می‌دهد.

ترکیب LRS به گونه‌ای طراحی می‌شود که در بازه وسیع دمایی درون چاه کارا باشد. با استفاده از مواد افزودنی ترکیب آن طوری تنظیم می‌شود که امکان تماس مستقیم پروپانت‌ها با یکدیگر وجود داشته باشد و همین باعث استحکام توده پروپانت می‌شود به گونه‌ای که پس از برداشتن فشار آب تزریقی این مواد می‌تواند شکاف ایجاد شده را باز نگه دارد و حتی در شرایطی که تنش سازند به این توده اعمال می‌شود تا حدودی باعث استحکام آن می‌شود. علاوه بر توانایی ایجاد استحکام، رزین همچنین طوری تهیه می‌شود که الاستیسیته لازم را برای عملیات بعدی داشته باشد.

شکل-۱: پوشش‌دهی LRS روی ماسه با دانه‌بندی ۲۰/۴۰ سازند Brady را بعد از اینکه پروپانت در آزمایشگاه پوشش‌دهی شد نشان می‌دهد.



برای پوشش‌دهی پروپانت به کار رود و از برگشت آن جلوگیری کند.

- استفاده از LRS روش مؤثری برای جلوگیری از ایجاد وقفه در تولید به علت برگشت پروپانت از مخزن فراهم می‌آورد.
- پوشش‌دهی صحیح ذرات پروپانت با LRS باعث ایجاد یک بافت منسجم می‌شود که می‌تواند حتی در جریان‌های زیاد سیال نیز از هم پاشیده نشود.

- LRS جایگزین اقتصادی خوبی برای RCP محسوب می‌شود و حتی دارای مزایایی چون گذردهی بهتر سیال، انسجام ذرات پروپانت و جلوگیری از برگشت ذرات پروپانت است.

Abstract:

The use of curable resin pre-coated proppants was often applied in the Permian Basin to control proppant flowback. However, these pre-coated proppant materials continued to allow proppant to produce back, especially during production surges because they did not provide sufficient consolidation strength to handle high drawdown. Since early 2005, a low-temperature curable liquid resin system has been selected to treat the proppant on-the-fly mainly during the tail-in stages in most of 1,500 hydraulic fracturing treatments. This paper highlights how the proppant back-production problems were successfully overcome through the application of this curable resin system. Detailed descriptions of the treatments, challenges, and lessons learned during the course of these fracturing treatments are presented.

Evaluation of these treatments has revealed that an optimum concentration of resin coating maximizes bonding between proppant grains and the consolidation strength of the coated proppant pack, locking the grains in place while minimizing any reduction of conductivity. Field results indicate that application of on-the-fly resin coating treatments effectively stops proppant flowback while allowing production rates to be maintained as designed. These treatments have drastically decreased the number of workovers for treated wells compared to those treated with resin pre-coated proppant or without resin treatments. This resin treatment process provides an economical means for controlling proppant flowback in wells with marginal reserves.

منبع:

Trela, J.M., Nguyen, P.D., Smith, B.R. Controlling Proppant Flow Back to Maintain Fracture Conductivity and Minimize workovers: Lessons Learned From 1,500 (Note: now 2,500) Fracturing Treatments. Paper SPE 112461. 2008.

شکل-۱ پوشش‌دهی LRS را روی ماسه با دانه‌بندی ۲۰/۴۰ سازند Brady بعد از اینکه پروپانت در آزمایشگاه پوشش‌دهی شد نشان می‌دهد. فشار مؤثنتگی بین ذرات، رزین مایع را به نقاط تماس ذرات می‌کشد و از اشغال فضای بین ذرات توسط رزین جلوگیری می‌کند.

پیوند بین ذرات که به صورت اثر آن در نقاط تماس نشان داده شده است، به انسجام ذرات کمک می‌کند و این انسجام رابطه مستقیم با غلظت LRS برای پوشش‌دهی پروپانت دارد. قدرت انسجام توده پروپانت بستگی به سیستم سیال و پروپانت، اندازه پروپانت، دما و زمان عملیات و غلظت رزین پوشش‌دهنده دارد. آزمایش گذردهی نشان می‌دهد که پوشش‌دهی LRS بررسی ذرات با دانه‌بندی ۲۰/۴۰ سرامیک با مقاومت بالا، گذردهی توده پروپانت را افزایش می‌دهد. چسبندگی پوشش LRS، دانسیته توده پروپانت را از طریق افزایش اصطکاک بین ذره‌ای تغییر می‌دهد، بنابراین تخلخل بیشتری در کل توده ایجاد می‌کند. LRS نه تنها ذرات پروپانت را به هم متصل می‌کند بلکه باعث اتصال این توده با سطوح شکاف می‌شود و این اتصال توده جایگزین اتصال موضوعی تک تک ذرات با سطوح شکاف می‌شود.

کاربرد میدانی

چاه‌ها در بیش از ۴۰ سازند در اعماق ۱۴۰۰ تا ۱۶۰۰۰ فوت و در بازه دمایی ۳۲ تا ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد حفاری شده‌اند. بسته به شرکت حفاری و سازند، فضای بین چاه‌ها از ۴۰۰۰ تا ۷۰۰۰۰ فوت مربع متغیر است. تقریباً ۹۵٪ از چاه‌هایی که عملیات ایجاد شکاف در آنها انجام شده است در منطقه عمودی یا انحراف کم چاه قرار دارند و ۵٪ بقیه در چاه‌های افقی انجام شده‌اند.

هدف از عملیات ایجاد شکاف و حذف ناحیه آسیب‌دیده اطراف چاه بهبود ارتباط چاه با مخزن و تولید از حداکثر لایه‌های ممکن افزایش یا تثبیت بهره‌دهی چاه‌هاست.

به علت احتمال برگشت جریان پروپانت بسیاری از شرکت‌ها مبادرت به عملیات ایجاد شکاف به روش معمول و استفاده از پروپانت پوشش داده شده کردند.

بسیاری از عملیات یا در مخازن ماسه‌سنگی انجام گرفت و یا در سازندهای دولومیتی انجام شد ولی سایر سازندها مانند سنگ آهک و شیل نیز مورد آزمایش قرار گرفتند متعاقب با عملیات ایجاد شکاف نهایی اسیدشویی چاه انجام گرفت. اطلاعات مربوط به فشار ایجاد شکاف کارآیی سیال و تنش سازند غالباً از چاه‌هایی که قبلاً در آن میادین حفاری شده بودند اخذ شد.

سیال ایجاد شکاف از میان لوله جداری یا مغزی تزریق می‌شد و نرخ تزریق آب نیز بیش از ۱۵ بشکه در دقیقه تا ۴۰ بشکه در دقیقه متغیر بود.

مواد مختلفی به عنوان پروپانت تزریق شد که شامل ماسه، پروپانت مصنوعی مثل سرامیک و یا دانه‌های ۲۰/۴۰ یا ۸/۱۶ است. بیش از ۹۵٪ عملیات به طرز موفقیت‌آمیزی مطابق طراحی اولیه انجام شد.

نتیجه‌گیری:

- با تکیه بر داده‌های عملیات ایجاد شکافی که از اواخر سال ۲۰۰۴ انجام شد نتایج زیر به دست آمد:
- با برنامه‌ریزی دقیق، LRS می‌تواند در کنار عملیات ایجاد شکاف