

NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN VỮA XI MĂNG TRÁM GIẾNG KHOAN KHAI THÁC DẦU KHÍ VÙNG NƯỚC SÂU

TS. Phạm Quang Hiệu

Bộ Công Thương

Tóm tắt

Hiện nay, các hoạt động thi công khoan trong vùng nước sâu (như Bắc và Tây Na Uy, Tây Shetland, vịnh Mexico, Đông Venezuela và dải biển Tây của Nam Mỹ) với chiều sâu nước biển lên đến hàng nghìn mét, chi phí giếng khoan tăng cao, tiềm ẩn rất nhiều rủi ro, thách thức đối với công tác thi công khoan. Vì vậy, vấn đề cấp bách đặt ra cho việc thiết kế thi công các giếng khoan trong vùng nước sâu là phải giảm thiểu thời gian khoan, tối ưu hóa quá trình thi công giếng và giếng đảm bảo kỹ thuật. Bài viết nghiên cứu vấn đề lựa chọn vữa xi măng - một trong các giải pháp công nghệ - kỹ thuật quan trọng để nâng cao hiệu quả công tác gia cố giếng trong vùng nước sâu.

1. Yêu cầu đối với xi măng sử dụng trong vùng nước sâu

Trong công tác thi công tại khu vực nước sâu, chất lượng trám xi măng là yếu tố quan trọng để khoan thành công đến chiều sâu thiết kế. Đặc biệt là trong công đoạn đầu tiên, do điều kiện nhiệt độ gần với điều kiện nhiệt độ đóng băng cùng với sự phức tạp của các tập cát chảy, hệ số mở rộng thành giếng lớn hay mất tuần hoàn dung dịch.

Khi trám xi măng qua địa tầng có dòng chảy nông, xi măng sử dụng phải đạt các yêu cầu: có khả năng làm kín thủy lực bên ngoài ống chống, không cho phép chất lỏng di chuyển, đặc biệt là tập muối chảy; tạo sự vững chắc cho cột ống chống, chống sự uốn cong và ăn mòn; không gây vỡ vữa trong quá trình trám; độ bền đá xi măng phải cao.

Để đáp ứng các yêu cầu trên, vữa xi măng cần có các đặc tính sau: có khả năng kiểm soát áp suất thủy tĩnh, thời gian chuyển tiếp ngắn, phản ứng tỏa nhiệt tốt, đông kết ở nhiệt độ thấp, cường độ nén đủ lớn, hiệu quả bơm đẩy tốt, dễ dàng điều chỉnh thiết kế, độ kín trong thời gian lâu dài, khả năng điều chỉnh độ thải nước và nước tự do tốt.

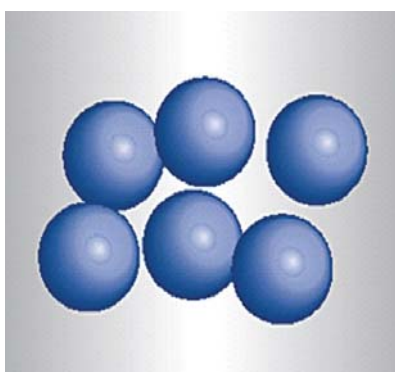
Đối với các công đoạn trám sâu hơn, công tác trám xi măng chủ yếu tập trung giải quyết vấn đề mất tuần hoàn, khí xâm nhập và thả thành công thiết bị trám xi măng [1, 2, 3].

Trong điều kiện nhiệt độ thấp, thời gian đông kết của xi măng được rút

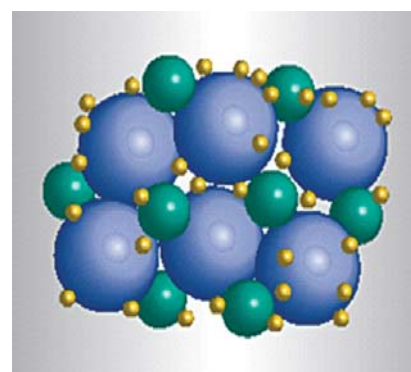
ngắn bằng cách: (a) Thêm hóa phẩm làm tăng tốc độ đông kết, (b) Tăng diện tích bề mặt của xi măng, (c) Sử dụng loại xi măng chuyên dụng; (d) Hoặc sử dụng kết hợp 3 cách trên.

Xi măng HAC (thuộc loại Portland, nhưng có hàm lượng aluminat cao và có thành phần hóa phẩm khác với xi măng Portland) thường được sử dụng trong điều kiện nhiệt độ thấp. HAC là một trong những loại xi măng sử dụng đầu tiên cho trám xi măng công đoạn có nhiệt độ ở điều kiện đóng băng, sau đó loại xi măng Portland hỗn hợp được đưa vào sử dụng. HAC có giá thành cao hơn và có độ đông kết duy nhất tại một nhiệt độ, do đó có thể bị sự cố về độ bền. Hỗn hợp xi măng HAC và Portland được sử dụng cho điều kiện nhiệt độ thấp để cải thiện nhược điểm này [1, 2, 3].

Khi rút ngắn thời gian đông kết, rất khó có thể đạt được thời gian bơm trám để không ảnh hưởng tới cường độ nén và thời gian đông kết của vữa ngay khi bơm trám xong. Do vậy, khi thiết kế xi măng cho công



Hình 1. Cấu trúc của xi măng thường



Hình 2. Cấu trúc của xi măng CemCRETE

đoạn ban đầu của các giếng khoan nước sâu, cần đánh giá các thông số:

1.1. Nhiệt độ

Đạt được chất lượng xi măng tốt trong điều kiện nhiệt độ thấp là tiêu chí thiết kế vữa xi măng ở các giếng khoan nước sâu. Đáy biển vịnh Mexico có nhiệt độ thấp khoảng 35°F và nhiệt độ tuần hoàn tại đáy giếng có thể lên 70 - 75°F ở các ống chống ban đầu. Tuy nhiên, nếu nhiệt độ xuống thấp hơn thì sự đông kết sớm của xi măng trở thành rủi ro. Thời gian đông kết được thiết kế dựa vào thời gian để trám xi măng và chế độ của nhiệt độ.

Điều kiện nhiệt độ trám xi măng cho các công đoạn đầu về cơ bản giống với tầng đất đóng băng vĩnh cửu ở Bắc Cực và cận Bắc Cực. Ở hai môi trường này, vữa xi măng được trộn và bơm ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ tĩnh của địa tầng mà xi măng trám qua.

1.2. Độ ổn định vữa xi măng và hàm lượng nước tự do

Nhìn chung ở các công đoạn đầu, vữa xi măng phù hợp khi sự lắng đọng cận nhỏ nhất và không có

lượng nước tự do. Tuy nhiên, lượng nước tự do vẫn tồn tại trong nhiều dạng xi măng nhẹ. Việc kiểm soát lượng nước tự do rất quan trọng theo điều kiện dòng chảy, ở đó nước tách ra từ vữa xi măng có thể tạo dòng chảy vào hoặc chảy qua xi măng. Hàm lượng nước tự do tối đa cho phép ở các loại vữa xi măng là 0,5% theo thể tích (1,25ml trong cột vữa xi măng 250ml).

1.3. Cường độ nén

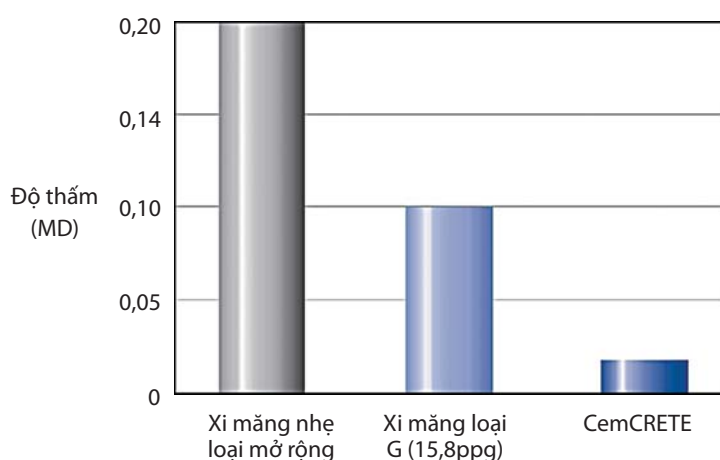
Sự phát triển cường độ nén của xi măng tác động đến khả năng chống lại dòng chảy xâm nhập từ vỉa. Đặc tính phát triển cường độ gel đối với xi măng không phải dạng bột nhìn chung quan trọng hơn so với xi măng dạng bột. Như vậy, đối với xi măng dạng bột, việc tăng khả năng nén sẽ mang lại hiệu quả hơn sự phát triển cường độ gel (đặc biệt trong quá trình kiểm soát dòng chảy xâm nhập). Yêu cầu cường độ nén của xi măng phải có giá trị đủ lớn, thường đạt 500psi sau 24 giờ.

1.4. Độ thải nước

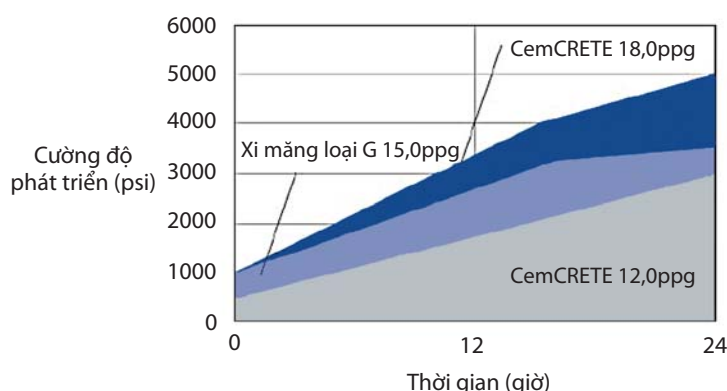
Độ thải nước phải được thiết kế theo điều kiện ở đáy giếng. Các tiêu chí sau nên được áp dụng cho việc thiết kế độ thải nước:

- Trong trường hợp có dòng chảy nông cần kiểm soát độ thải nước;
- Trong trường hợp có dòng chảy và mất tuần hoàn, việc kiểm soát độ thải nước cần được chú trọng để giảm ảnh hưởng đến chất lượng xi măng khi chất lỏng xâm nhập và áp dụng các biện pháp kiểm soát giảm bớt dòng chảy;
- Trong trường hợp không có dòng chảy, mức độ kiểm soát độ thải nước được giảm nhẹ nhằm giảm giá thành, sự phức tạp trong đơn pha chế và trong quá trình trộn.

Khi một lượng nước tự do tách ra khỏi xi măng và đi vào vỉa thì tỷ trọng của vữa xi măng sẽ tăng, có thể làm cho lỗ bị bịt kín hoặc tạo dải lắng đọng. Theo tiêu chuẩn API với độ thải nước < 50cm³/30 phút sẽ giải quyết được vấn đề này. Việc kiểm soát độ thải nước ở vữa xi măng dạng không bột cần được chú trọng hơn xi măng dạng bột. Các hóa phẩm thường được sử dụng để điều chỉnh độ thải nước cho xi măng loại A là Halad 344 (Halliburton), D-500 Gasblok LT (SLB), D-300 (SLB).



Hình 3. Độ thấm của một số loại xi măng



Hình 4. Cường độ nén của một số loại xi măng

1.5. Thời gian chuyển tiếp thời gian tạo gel

Thời gian chuyển tiếp thời gian tạo gel là thời gian tới hạn giữa dạng lỏng và dạng có độ đặc cao hoặc trạng thái đông kết của xi măng. Ở trạng thái này, cột xi măng không ảnh hưởng đến việc truyền áp suất thủy tĩnh, do vậy có thể xuất hiện dòng chảy vào hoặc chảy qua cột xi măng. Khi đó, thời gian chuyển tiếp cần phải rút ngắn, nhất là đối với xi măng dạng không bọt. Vì vậy, cần phải tăng tỷ trọng xi măng, sử dụng hóa phẩm chống chất lỏng xâm nhập, thêm hóa phẩm để làm thay đổi cường độ gel.

1.6. Thời gian tạo gel

Thời gian tạo gel là thời gian trôi qua giữa cuối của dòng chảy (xi măng đã được đặt ở ngoài khoảng không vành xuyên) và tại điểm vữa xi măng phát triển đến cường độ gel 100lbs/100ft². Thời gian tạo gel ngắn cùng với thời gian chuyển tiếp ngắn thường được áp dụng trong điều kiện có dòng chảy đi và mất tuần hoàn. Thời gian tạo gel ngắn cho phép xi măng nhanh chóng cản trở dòng chảy đi vào vỉa (vùng mất dung dịch) và giảm thiểu dòng chảy từ vỉa vào hoặc chảy qua cột xi măng [1, 3, 4, 5].

2. Lựa chọn vữa xi măng phù hợp với điều kiện thi công trong vùng nước sâu

Khi ngành công nghiệp dầu khí mở rộng công tác thăm dò khai thác đến các vùng nước sâu. Tuy nhiên, điều kiện thi công phức tạp, nhiệt độ môi trường thấp khiến thời gian chuyển tiếp của xi măng kéo dài, ảnh hưởng không tốt đến chất lượng xi măng trám trong vùng nước sâu, chất lưu có thời gian xâm nhập vào khoảng không vành xuyên làm hư hại vỏ xi măng... Do đó, cần tiếp tục nghiên cứu để kiểm soát rủi ro, ngăn ngừa sự vỡ vỉa ở công đoạn khoan nông, các vùng đất đá kém gắn kết bờ rời; đồng thời cải tiến kỹ thuật, thiết bị trám xi măng và phát triển các thiết bị đặc biệt. Một số sản phẩm đáp ứng được giải pháp trám xi măng trong điều kiện nước sâu hiện đang tiếp tục được nghiên cứu là các loại xi măng dạng bọt, chất bọt kín linh hoạt, chất đàn hồi và xi măng loại tổng hợp dạng đàn hồi.

Hiện tại, một số nhà điều hành sử dụng xi măng dạng bọt - nitơ (nitrogen - foamed) để giảm áp suất nơi có vỉa yếu hoặc thêm xi măng có phản ứng cao (như hỗn hợp siêu mịn) nhằm tăng tốc độ hydrate hóa, đặc biệt ở nhiệt độ từ 40 - 60°F. Đồng thời, một số thí nghiệm cho

thấy thời gian chuyển tiếp lý tưởng ở điều kiện nước sâu thường ít hơn 30 phút và tỷ trọng vữa xi măng tối ưu thông thường từ 10,5 - 13,0ppg. Đây cũng là đặc tính cơ bản của LFS [1, 2, 3].

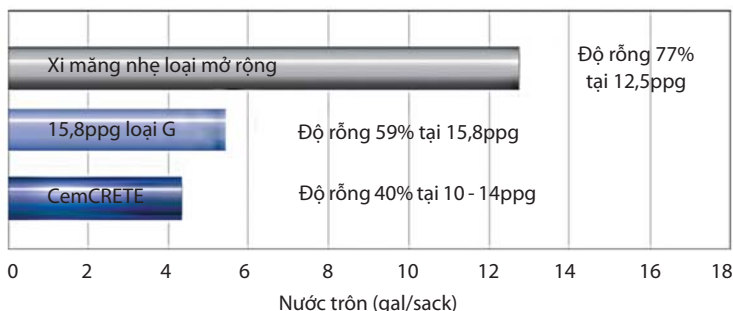
Việc nghiên cứu ứng dụng xi măng và công nghệ bơm trám sử dụng cho vùng nước sâu đã có những thành công nhất định trong việc đưa vào ứng dụng và giảm giá thành, cụ thể như: Ứng dụng vữa xi măng nhẹ dạng bọt; Công nghệ kiểm soát dung dịch làm giảm độ thải nước, thời gian chuyển tiếp, tạo dung dịch và xi măng có tỷ trọng thích hợp với áp suất vỉa và áp suất vỡ vỉa; Linh hoạt trong thiết kế tại khoan trường giảm thời gian trong phòng thí nghiệm và giảm thiểu chi phí sử dụng giàn khoan.

2.1. Xi măng dạng bọt

Kỹ thuật xi măng dạng bọt đã được ứng dụng trong 20 năm qua để giải quyết hiện tượng mất tuần hoàn ở mức độ cao. Loại xi măng này ban đầu sử dụng cho các giếng trên đất liền, sau đó mở rộng ra các giếng ngoài khơi, đặc biệt là ứng dụng nhiều cho hoạt động khoan ở vùng nước sâu vịnh Mexico.

Một số điều kiện giãn nở có thể gây ra hiện tượng biến dạng ở lòng giếng và tạo ứng suất quá giới hạn lên vỏ xi măng, khiến xi măng thông thường bị gãy cả chiều dọc và xuyên tâm, dẫn tới giảm liên kết giữa xi măng với cột địa tầng và ống chống. Điều này ảnh hưởng nghiêm trọng đến quá trình khai thác, giếng bị hư hại và chi phí cho sửa chữa xi măng tăng cao; gây nguy hiểm cho con người, giàn, thiết bị, môi trường. Thực tế cho thấy, nguy hiểm thường xảy ra khi khí hình thành tích tụ ở khoảng không vành xuyên giữa các ống chống.

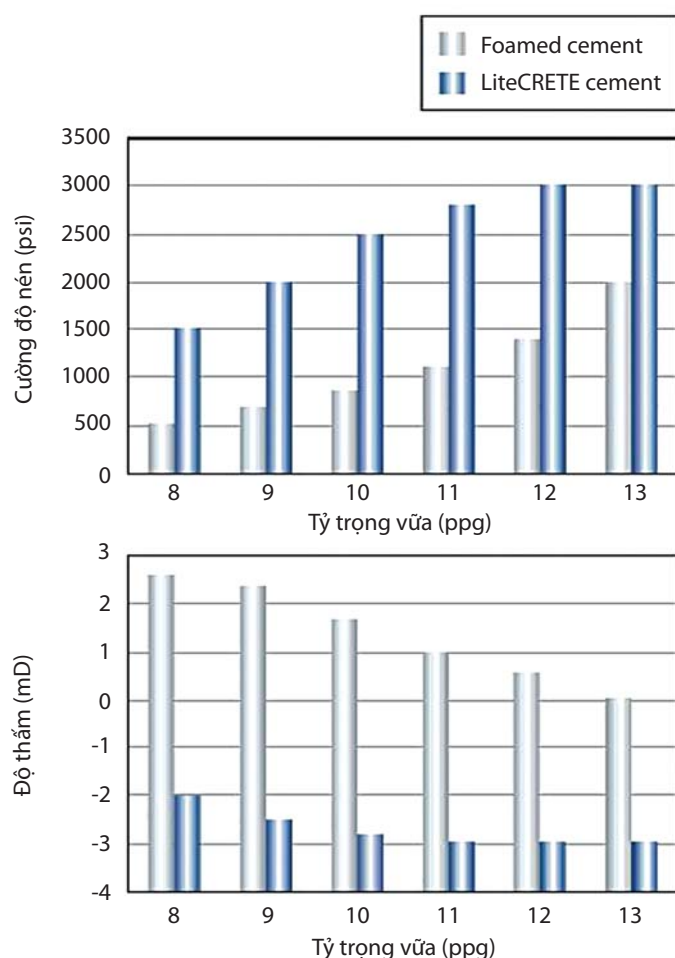
Các nguyên nhân khiến xi măng bị hư hỏng: chất lỏng nhiệt độ cao ép vào giếng hoặc chất lỏng sản phẩm từ giếng có nhiệt độ cao sẽ làm tăng nhiệt độ tối thiểu so với nhiệt độ đông kết ban đầu; áp suất cao và nhiệt độ tạo ra trong quá trình tác động đến ống chống



Hình 5. Tỷ lệ nước trộn của một số loại xi măng

(như thử áp suất, bắn đục lỗ ống chống...) có thể làm cho ống chống giãn nở, làm nứt xi măng. Giãn nở do nhiệt của chất lỏng tích tụ trong vỏ xi măng hoặc lực bên ngoài tạo ra tác động lên vỏ xi măng (do áp lực đè nặng hoặc sự thay đổi địa tầng) cũng có thể là nguyên nhân dẫn đến xi măng bị hỏng... Thực tế này dẫn đến sự phát triển của một loại vữa xi măng pha với chất tạo bọt và khí nitơ hoặc khí trơ khác. Loại vữa xi măng này đã được kiểm tra qua các thí nghiệm trong phòng và hiện trường về tính đàn hồi, cường độ nén.

Kết quả thí nghiệm cho thấy thành phần bọt ngăn chặn sự lan truyền áp suất lớn hơn 1.000psi ở nhiệt độ 300°F. Điều kiện này xảy ra ở 60% theo thể tích dung dịch khoan hoặc nước khi chất lượng bọt xi măng ở khoảng: 25 - 38%. Xi măng dạng bọt gồm 3 thành phần: vữa xi măng, tác nhân gây bọt và một hàm lượng khí. Hỗn hợp pha trộn các thành phần trên hợp lý sẽ tạo tính ổn định, xi măng nhẹ với màu kem xám. Do cấp độ áp suất, tốc độ và thể tích khí liên quan và sự thuận tiện của thiết bị bơm thì nitơ là loại khí thường được sử dụng nhất.



Hình 6. So sánh cường độ nén và độ thấm giữa 2 loại xi măng

Để thực hiện trộn vữa xi măng bọt theo quy trình, thông thường bằng máy khuấy trộn. Khi vữa xi măng được bơm xuống giếng, tác nhân tạo bọt và ổn định được đưa vào thông qua cửa hút của máy bơm. Máy bơm tia áp suất được dùng để trộn hỗn hợp này thông qua một máy tạo bọt và tạo ổn định bọt. Đồng thời, người ta tiếp tục theo dõi và điều khiển tốc độ bơm của 3 thông số vữa xi măng, tạo bọt và nitơ để đảm bảo đúng tỷ lệ.

So với xi măng thông thường, xi măng dạng bọt có thể giảm tỷ trọng xuống 4ppg với tính ổn định cao. Việc điều chỉnh hàm lượng nước, nitơ làm cho vữa xi măng có hàm lượng chất rắn thay đổi theo. Do đó, cung cấp một tỷ lệ giữa cường độ và tỷ trọng để phù hợp với áp suất vỡ vỉa, mất tuần hoàn và việc trám xi măng dự phòng. Áp suất bọt khí, độ co ngót trong quá trình hydrate ổn định và tăng tính dẻo thông qua sự phân tán của lực tác dụng. Do đó, xi măng dạng bọt ngăn sự phá vỡ trong quá trình đục lỗ và dị tật gây ra do gia tải hoặc theo chu kỳ.

Các túi khí ổn định cách ly thân giếng bằng cách lấp đầy xi măng với độ dẫn nhiệt tương đối thấp, giảm thiểu tổn thất nhiệt không mong muốn trong ứng dụng phun hơi và ngăn ngừa sự ngưng đọng paraffin. Có khả năng ngăn cản giãn nở áp suất trong quá trình hydrate, nâng cao tính dẻo và gắn kết giữa xi măng với ống chống, giữa xi măng với địa tầng, góp phần vào cách ly với tuổi thọ dài của xi măng dạng bọt.

Vữa xi măng bọt dễ dàng được tạo ra với nhiệt độ lên tới 600°F cho các ứng dụng địa nhiệt. Vữa xi măng luôn có thể thay đổi để phù hợp với điều kiện giếng thông qua việc hiệu chỉnh đơn giản là hàm lượng nitơ với chi phí bằng 1/3 chi phí xử lý bằng polymer. Xi măng dạng bọt có thể dùng để trợ giúp công việc trám xi măng thông thường và sửa chữa xi măng ở cả giếng khoan trên đất liền và ngoài biển, cả giếng thẳng đứng và giếng ngang. Loại xi măng này có thể dùng bơm ép xi măng và đặt nút xi măng tại nơi có điều kiện áp suất vỡ vỉa thấp.

2.2. Chất bịt kín linh hoạt (flexible sealant)

Hiện tượng mất tuần hoàn hoặc dung dịch bị ép toàn bộ vào vỉa trong quá trình khoan hoặc hoàn thiện có thể làm giảm hiệu quả sử dụng dung dịch; gián đoạn hoạt động khoan và tăng chi phí thi công. Một số loại vật liệu đã được phát triển trong ngành công nghiệp dầu khí để giải quyết các vấn đề này, trong đó có DFS (chất bịt kín linh hoạt lòng giếng).

DFS được thiết kế với mục đích nhanh chóng ngăn chặn hiện tượng mất tuần hoàn ở các địa tầng nứt nẻ tự nhiên, những kênh rãnh ở vùng yếu và vùng áp lực cao tạo ra bởi các dòng chảy ngang và dòng phun trào ngầm. DFS có thể được sử dụng với nhiều loại dung dịch và chất lưu vỉa khác nhau; ngăn cách nhiều vùng yếu ở cùng một công đoạn xử lý; tăng khả năng bơm qua bộ khoan cụ; giảm thời gian chờ; kiểm soát được dòng phun trào ngầm; tăng tính toàn vẹn của vỉa cho phép sử dụng dung dịch nặng hơn; duy trì sự linh động, độ kín của vùng mất dung dịch...

Với ba hệ thống dung dịch khác nhau, DFS cung cấp tính linh hoạt cho phép sử dụng các ứng dụng theo yêu cầu. Việc lựa chọn hệ dung dịch hợp lý được xác định bởi vấn đề mất tuần hoàn, loại dung dịch, các đặc tính khác và các liên quan đến môi trường. Do phản ứng đặc tính của vật liệu DFS, phải sử dụng một chất đệm tương thích sẽ được bơm ở đầu và cuối của vỉa xi măng.

- Liên quan tới độ mặn hoặc độ pH, hệ chất dẻo làm kín gốc dầu phản ứng rất nhanh khi trộn với dung dịch khoan gốc nước, dung dịch hoàn thiện và dung dịch khoan vào vỉa (DFS-W). DFS-W có thể tạo công thức từ Kerosene, dầu diesel, ester, dầu mỏ hoặc dầu tổng hợp, nếu cần thêm cường độ thì có thể trộn thêm xi măng vào hệ.

- Hệ chất dẻo làm kín gốc nước, phản ứng ở dưới sâu khi trộn với dung dịch khoan gốc dầu như hệ nhũ tương dầu nghịch, hệ dung dịch dầu tổng hợp và dung dịch gốc ester (DFS-OBM). Dung dịch gốc dầu ổn định ở nhiệt độ đáy giếng tuần hoàn tới 300°F trong 2 giờ khi sự nhiễm bẩn xi măng không xảy ra. Việc thêm một chất ổn định hoặc chất hoạt tính bề mặt sẽ làm tăng phạm vi hoạt động lên tới 415°F.

- Việc trộn chất dẻo phản ứng làm kín với chất lỏng hoạt hóa gốc nước tạo ra hoạt động phản ứng ở dưới lòng giếng với hệ dung dịch gốc nước. Hệ này được khuyến cáo sử dụng cho vỉa mềm, bờ rời, yêu cầu tính dẻo cao, vật liệu cao su làm kín và ở vùng có khí khô chảy qua. Đồng thời, tốt cho khu vực cần bảo vệ môi trường với việc sử dụng dung dịch không gốc nước và vùng mất dung dịch với khí khô tự nhiên chảy qua.

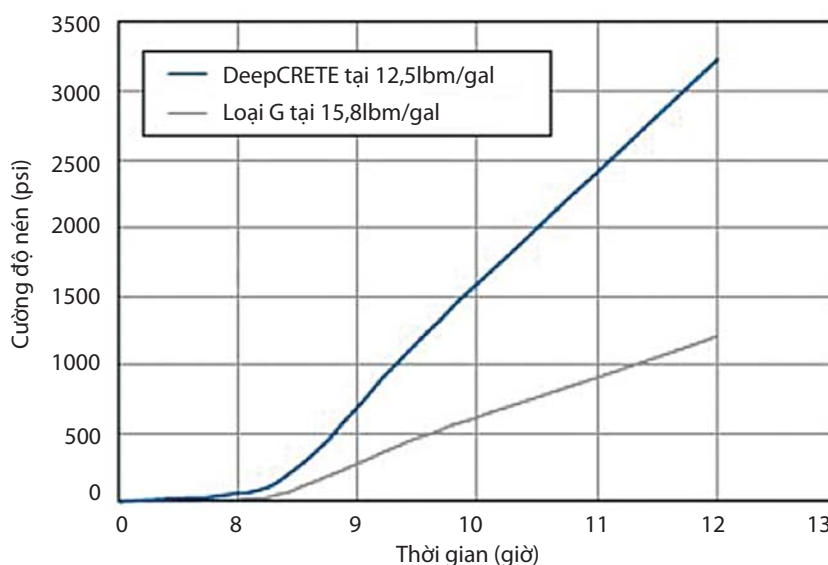
Khi nhà điều hành ở South Texas phát hiện ra tiềm năng khai thác ở mỏ Country, đội khoan không thể khoan

xa hơn địa tầng Queen City (thường gặp hiện tượng mất dung dịch). Sau khi tốn nhiều thời gian và chi phí cho phương pháp xử lý mất dung dịch thông thường mà không thành công, nhà điều hành đã sử dụng vật liệu dẻo làm kín (DFS). Vật liệu này cho phép nhà điều hành khoan tới vị trí chống ống 2.000ft ở dưới vùng yếu Queen City mà không bị mất dung dịch. Không có hệ nào khác có thể làm kín địa tầng Queen City với xử lý đơn. Hoạt động DFS tiết kiệm chi phí liên quan tới hoạt động hủy giếng, chi phí chuẩn bị và chi phí khoan đến chiều sâu cho chống ống trung gian và chi phí khoan các giếng khoan khác để đánh giá tiềm năng phát triển [1, 3, 5, 6].

2.3. Xi măng dẻo (elastomeric cement)

Trong quá trình bơm ép CO₂ vào mỏ để nâng cao hiệu quả khai thác, một số vùng ở bể Permian (Bắc Mỹ) xuất hiện hiện tượng ngập khí CO₂ trong nhiều năm. Một nhà điều hành lớn trong khu vực cho biết trong quá trình bơm ép, một phần khí CO₂ đã đi vào vùng bị mất dung dịch. Vỏ bọc xi măng Portland bị phân hủy do phản ứng của CO₂ với nước vỉa, tạo ra acid carbon. CaCO₃ hòa tan vào hỗn hợp nước acid và lặp lại quá trình bơm ép chất lỏng phân hủy CaCO₃, tạo ra một vùng cách ly bị mất dung dịch.

Xi măng đàn hồi đã được sử dụng trong trường hợp này ở phía Nam Utah. Do hệ đàn hồi ngăn cản sự xâm nhập của CO₂, hệ này thành công trong việc cách ly vùng mất dung dịch trong hơn 2 năm, nơi mà việc bơm ép xi măng thông thường bị thất bại sau ít nhất hơn 3 tuần xử lý.



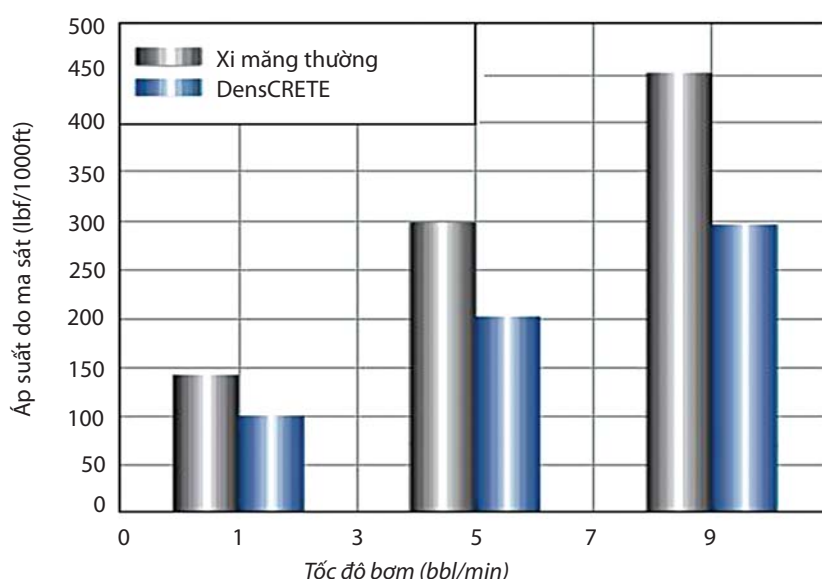
Hình 7. So sánh cường độ phát triển của xi măng DeepCRETE và xi măng G

2.4. Hệ chất dẻo tổng hợp (resin system)

Đối với địa tầng có độ thấm cao, ứng suất giảm sự liên kết rất thấp. Hiện tượng này đặc biệt phổ biến trong hoàn thiện giếng đa thân ở ngoài khơi, nơi mà công việc khoan có thể làm mất cân bằng lực giữa vỉa và làm tăng ứng suất bóp méo cuối cùng của ống chống có xi măng trám qua. Khi vữa xi măng thông thường được bơm xuống, áp suất thủy tĩnh có thể vượt áp suất vỡ vỉa, xảy ra hiện tượng mất xi măng vào vỉa. Trong trường hợp đó, xi măng nhẹ thường được sử dụng để khắc phục hiện tượng này. Tuy nhiên, một số vùng có áp suất vỡ vỉa rất thấp nên việc áp dụng xi măng nhẹ gặp khó khăn. Khi đó, hệ chất dẻo tổng hợp được sử dụng để làm tăng áp suất vỡ vỉa của địa tầng. Sự biến đổi này cho phép nhà điều hành có thể trám bằng xi măng thông thường mà không xảy ra sự vỡ thành hệ hoặc mất tuần hoàn.

2.5. Vữa xi măng CemCRETE

Trong điều kiện áp suất và nhiệt độ cao, vữa xi măng CemCRETE có thể được trám ở áp suất tuần hoàn thấp hơn và tốc độ cao hơn. Vữa xi măng cho giếng dầu yêu cầu nước để trộn và bơm. Lượng nước cần cho vữa ở trạng thái lỏng lớn hơn nhiều so với lượng nước tối ưu để xi măng đông kết. Công nghệ vữa xi măng CemCRETE có thể tối ưu hóa thành phần vữa xi măng và tạo chất lượng xi măng tốt. Công nghệ này làm tăng hàm lượng chất rắn trong vữa bằng cách sử dụng công nghệ sắp xếp kích cỡ hạt. Các hạt nhỏ sẽ lấp đầy khoảng trống giữa các hạt lớn, kết quả là vữa xi măng sử dụng ít nước hơn.



Hình 8. So sánh giữa xi măng thường và DensCRETE

CemCRETE thiết kế xi măng cho ống chống khai thác, có thể tạo ra cột xi măng dài và nhẹ hơn, ống chống có thể chống sâu hơn mà không xảy ra hiện tượng mất tuần hoàn. CemCRETE dùng nước ít hơn khi trộn và bơm. Ngay khi vữa xi măng được bơm trám vào vị trí cần thiết, chất lượng xi măng sẽ tốt hơn, tuổi thọ kéo dài hơn so với xi măng thông thường. CemCRETE có hàm lượng chất rắn lớn nên có cường độ cao, tăng khả năng đâm xuyên của vữa xi măng và giảm áp suất bơm đẩy khi can thiệp vào bơm ép xi măng, giảm độ thấm của xi măng và có khả năng chống ăn mòn cao hơn xi măng thông thường.

2.6. Vữa xi măng tỷ trọng thấp LiteCRETE

Khi trám qua đoạn vỉa yếu, vữa xi măng khó trám đủ chiều cao xi măng bên ngoài ống chống mà không sử dụng vữa xi măng có tỷ trọng thấp hoặc áp dụng phương pháp trám phân tầng. Vữa xi măng có tỷ trọng thấp LiteCRETE có chức năng giống như xi măng thông thường nên sẽ loại trừ được khó khăn này và cho phép chống ống sâu hơn, không cần sử dụng nhiều cấp ống chống.

Ứng dụng của hệ vữa xi măng này:

- Trám qua địa tầng yếu với chất lượng xi măng cao;
- Tỷ trọng vữa xi măng có thể thấp xuống còn 7,5ppg;
- Có khả năng thay thế phương pháp trám phân tầng, thay thế xi măng dạng bột;
- Dùng để trám qua tầng vỉa sản phẩm, nút xi măng khi khoan xuyên (kickoff).

Hệ vữa xi măng này thuộc họ CemCRETE, có thể cho phép thiết kế lại các cấp ống chống so với xi măng thông thường; có thể trộn với tỷ trọng từ 7,5 - 13ppg khi trám qua địa tầng yếu. Ngay sau khi bơm trám xong, vữa xi măng LiteCRETE có cường độ nén và độ thấm tốt hơn nhiều so với loại xi măng nhẹ thông thường khác và thậm chí có thể so sánh với vữa xi măng có tỷ trọng lên tới 15,8ppg.

Với chức năng giống như vữa xi măng có tỷ trọng cao, loại vữa này có đủ cường độ để tiến hành công đoạn nút vỉa thủy lực hoặc đặt cầu xi măng để khoan xuyên. Trong nhiều trường

hợp, hệ CemCRETE được bổ sung một số đặc tính để đáp ứng yêu cầu đặc biệt. Ví dụ cột ống chống chống qua vùng đất đá bị đóng băng vĩnh cửu thì vữa xi măng phải có chức năng chống lại sự giá lạnh. SLB đã phát triển hệ xi măng LiteCRETE áp dụng cho vùng Bắc Cực.

2.7. Vữa xi măng DeepCRETE

Vữa xi măng DeepCRETE cho phép trám xi măng ở vùng có địa tầng yếu và các giếng khoan nước sâu. Khi khoan các giếng khoan nước sâu, giá thành giếng khoan sẽ cao hơn. Đoạn địa tầng đất đá yếu có thể bị phá vỡ dưới tác dụng của cột thủy tĩnh của vữa xi măng, khiến mất nhiều thời gian để xử lý, làm tăng giá thành khoan. Nếu xi măng có thời gian đông kết dài sẽ làm dòng chảy của khí hoặc nước xâm nhập, gây rủi ro cho độ ổn định của giếng và khí có thể đi lên trên bề mặt. Nhiệt độ đáy giếng thăm có thể làm tốc độ phát triển cường độ chậm, tăng thời gian chờ đợi đông kết và tăng chi phí hoạt động.

Xi măng DeepCRETE sử dụng kết hợp kỹ thuật cho thiết kế xi măng ở các mô hình khác nhau ở nhiệt độ thấp và có dòng chảy nông; có tác dụng cách ly địa tầng với vữa xi măng nhẹ (10 - 14ppg), cường độ phát triển nhanh hơn loại xi măng thông thường mà không yêu cầu bất kỳ thiết bị đặc biệt nào. Các hóa phẩm DeepCEM có tác dụng làm tăng tốc độ phát triển cường độ được sử dụng cùng với CemCRETE làm ngắn thời gian chuyển tiếp, phát triển cường độ sớm, kiểm soát độ thải nước tốt... Điều này cần thiết cho các công đoạn trám xi măng ống chống bề mặt và ống bao ở nơi thường có dòng chảy nông. Tỷ trọng thấp cho phép trám qua địa tầng yếu.

Hệ DeepCRETE có nhiệt độ hydrate thấp hơn thích hợp cho vùng có khả năng có khí hydrate; có độ thấm thấp hơn so với xi măng thông thường do đó giúp ống chống không bị ăn mòn. Hệ này có thể trộn với tỷ trọng 12,5ppg, có cường độ phát triển đủ lớn để tiếp tục công tác khoan trong 24 giờ ở nhiệt độ 4°C. Khi kết hợp với công nghệ chống khí xâm nhập vào xi măng Gasblock, hệ này có thể trám qua vùng có dòng chảy của nước hoặc khí.

2.8. Xi măng DensCRETE

Khi làm việc ở các giếng có nhiệt độ áp suất cao thường xuất hiện các sự cố không

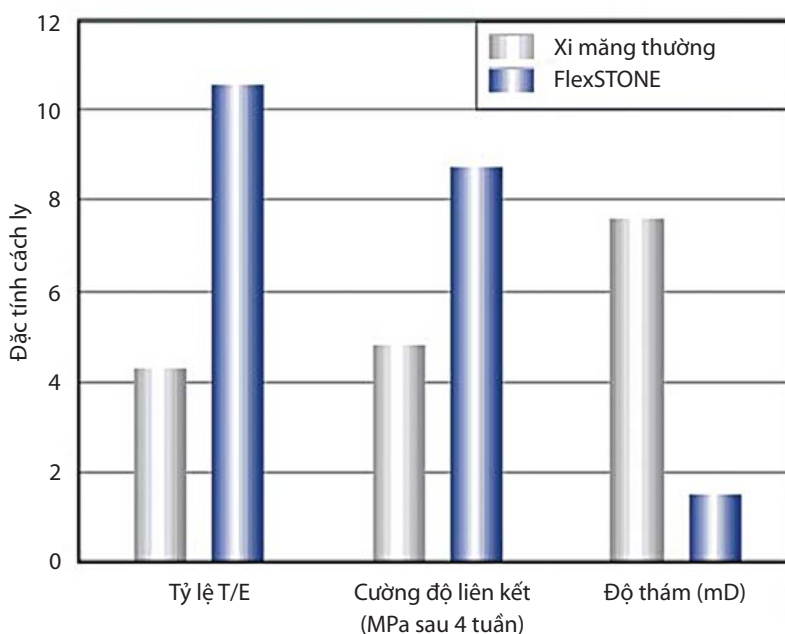
lượng trước được. Hệ xi măng lý tưởng cần thiết kể đơn giản, có độ nhớt thấp và có tỷ trọng linh hoạt có thể dễ dàng tăng tại hiện trường. DensCRETE sử dụng công nghệ sắp đặt các hạt với nhau tạo ra vữa xi măng có tỷ trọng cao (lên tới 24ppg) với độ nhớt thấp. Do xi măng có cường độ nén cao và độ thấm thấp nên vữa xi măng loại này tốt hơn so với vữa xi măng thông thường có tỷ trọng cao để cách ly vùng địa tầng có áp suất cao trong suốt thời gian tồn tại của giếng.

Chức năng chính của vữa xi măng DensCRETE là trám xi măng cho địa tầng có áp suất cao, dập giếng bằng phương pháp bơm nút xi măng, đặt Wipstock hoặc nút xi măng để khoan xiên. Khoan áp suất cao có thể yêu cầu tăng tỷ trọng dung dịch đột ngột, với DensCRETE có thể tăng tỷ trọng rất nhanh đến 11ppg ở hiện trường. Loại vữa này sẽ làm giảm các rủi ro, thời gian bơm trám ngắn hơn và giảm giá thành hoạt động.

2.9. Vữa xi măng CemSTONE

Hệ xi măng CemSTONE cung cấp tính ổn định, thời gian cách ly dài mặc dù điều kiện giếng có thay đổi. Hệ này kiểm soát đặc tính đông đặc xi măng như tính dẻo, tính giãn nở và sức chịu đựng. Vì vậy, xi măng có thể chống được lực phá hủy xi măng trong giếng. Một số loại xi măng thuộc hệ CemSTONE:

- Hệ FlexSTONE cung cấp đặc tính cơ học có thể hiệu chỉnh để phù hợp với các ứng lực trong giếng và tạo cách ly vĩnh viễn không cho dòng chảy ở bên ngoài ống chống;
- Hệ ThermaSTONE ổn định về mặt hóa học đối với



Hình 9. So sánh giữa xi măng FlexSTONE với xi măng thường

điều kiện nhiệt độ rất cao kết hợp công nghệ sắp đặt các hạt hoàn chỉnh với hỗn hợp hóa chất mới để tạo ra xi măng có cường độ cực cao, độ bền trong thời gian dài, chống ăn mòn trong điều kiện giếng;

- Hệ DuraSTONE có tính cứng rắn hơn và có sức kháng cao hơn xi măng thông thường. Hệ này bền hơn và có khả năng cách ly tốt hơn trong điều kiện khoan khắc nghiệt và điều kiện hoàn thiện giếng.

Mặc dù vữa xi măng thông thường được trám đúng với chiều sâu thiết kế và có khả năng cách ly ở giai đoạn ban đầu. Tuy nhiên, khi điều kiện giếng thay đổi có thể tạo ra ứng lực khiến vỏ xi măng không toàn vẹn. Khi nhiệt độ, áp suất và ứng lực kiến tạo tăng cao có thể nứt vỏ xi măng. Khi ống chống di chuyển theo xuyên tâm dưới tác dụng của nhiệt độ thay đổi, áp suất thay đổi hoặc sự giãn nở của khối xi măng có thể là mất tính liên kết giữa xi măng và ống chống, giữa xi măng và địa tầng. Nó có thể tạo ra các siêu khoảng không vành xuyên (microannulus). Sự thay đổi áp suất trong quá trình khoan cũng có thể làm thay đổi áp suất này. Nhiệt độ hoặc áp suất thay đổi tạo ra ứng suất kéo, khiến vỏ xi măng dễ nứt gãy và mất khả năng cách ly.

CemSTONE có thể khắc phục tình trạng này bằng các đặc tính cơ học như tính đàn hồi, tính giãn nở, cường độ nén và kéo, độ bền và khả năng chịu lực. Loại vữa này có khả năng chịu được các ứng lực ở dưới đáy giếng trong suốt đời tồn tại của giếng, đảm bảo tính toàn vẹn trong một thời gian dài, làm giảm giá thành để can thiệp vào xi măng, đảm bảo tính cách ly và giảm khả năng tạo áp suất ngoài khoảng không vành xuyên trong quá trình khai thác khí. Hệ này cũng làm tăng tính ổn định của vỏ xi măng dọc qua vùng có khả năng tác động cao của hoạt động khoan.

2.10. Hệ FlexSTONE

Sự thay đổi về áp suất trong quá trình khai thác, bơm ép, hoặc áp suất cao có thể tạo ra các ứng lực tác động lên xi măng, làm giảm tính toàn vẹn của xi măng. FlexSTONE có đặc tính cơ học đáp ứng được những thay đổi ứng lực trong thân giếng như: độ thấm thấp hơn xi măng thông thường, cường độ nén cao, dễ uốn hơn và có sức kháng hóa học tốt hơn. Xi măng có khả năng chịu được các ứng lực và duy trì sự cách ly. Hệ này cũng có thể giãn nở để khắc phục hiện tượng microannulus. Với hệ này, giếng khoan sẽ được bảo vệ xi măng trong một thời gian dài, không bị ảnh hưởng bởi lực làm đứt gãy, sự ăn mòn ống chống từ dung dịch vỉa, áp suất bên ngoài do khí tạo ra và sự xâm nhập của chất lưu.

2.11. Hệ DuraSTONE

Công tác hoàn thiện giếng hiện nay yêu cầu công nghệ và kỹ thuật hiện đại hơn. Quá trình khoan cũng phức tạp hơn do sử dụng choòng lệch tâm, khoan mở cửa sổ để khoan giếng đa thân, khoan sidetrack. Việc hoàn thiện cần bền vừa dài hơn hoặc bền ở nhiều vỉa mỏng khác nhau, điều này cần xi măng có sự cách ly tốt, các vật liệu dẻo dai để chống rung và chịu lực. Hệ DuraSTONE bền hơn và dẻo dai hơn so với xi măng thông thường. Hệ này thiết kế dùng cho quá trình khai thác, chịu được các ứng lực, độ rung và lực bên ngoài tác động. Trong quá trình thử áp suất, thấy hệ này có khả năng chịu được lực gấp 2 - 3 lần so với xi măng thông thường, điều này cho phép khoan xiên nhanh hơn trong khoảng cách ngắn, thậm chí là vỉa cứng. Hệ này thường dùng cho giếng đa thân, giếng can thiệp trở lại, đặt các nút sidetrack đặc biệt là vỉa cứng, cho vùng chân để ống chống mà chịu tác động mạnh trong quá trình khoan [1].

3. Kết luận

Xi măng có vai trò rất quan trọng đối với công tác gia cố giếng khoan. Lựa chọn vữa xi măng phù hợp góp phần làm nên sự thành công của giếng khoan, tăng tuổi thọ của giếng, đặc biệt là các giếng khai thác. Hiện nay, trên thế giới có nhiều hệ vữa xi măng để sử dụng cho điều kiện địa chất phức tạp, điều kiện môi trường khắc nghiệt tại các vùng nước sâu: vữa xi măng dạng bột, vữa xi măng dẻo, xi măng nhẹ, hệ xi măng CemCRETE & CemSTONE (của nhà cung cấp Schlumberger). Ngoài ra, có rất nhiều hóa phẩm để nâng cao chất lượng xi măng và giảm thời gian trám xi măng như: chất tăng đông, chất chậm đông, chất tăng tỷ trọng, chất chống khí xâm nhập (gasblok), chất chống mất dung dịch...

Để lựa chọn hệ xi măng phù hợp, chất lượng tốt cho giếng khoan nước sâu cần: lập kế hoạch chi tiết, lên phương án cụ thể theo điều kiện giếng; nghiên cứu kỹ điều kiện địa chất, môi trường giếng khoan nước sâu (nhiệt độ đáy biển thấp, dòng chảy ngầm hoặc khí nông) để đưa ra phương án hợp lý; nâng cao kỹ thuật, giảm thiểu thời gian liên quan tới xi măng giếng khoan để giảm giá thành giếng khoan; nghiên cứu các phương án dự phòng trong trường hợp gặp sự cố đối với xi măng như bơm ép... Đồng thời, nghiên cứu kỹ để hiểu rõ đặc tính của vữa xi măng, lựa chọn hệ vữa xi măng hợp lý, phù hợp với điều kiện địa chất cụ thể, cho từng công đoạn và từng giếng khoan khác nhau; lựa chọn thiết bị, phương pháp trám xi măng hợp lý;

lựa chọn hóa phẩm phù hợp để nâng cao chất lượng xi măng; tiến hành kiểm tra chất lượng xi măng để có phương án xử lý kịp thời, tránh tình trạng để xử lý sau sẽ gây tốn thời gian và chi phí.

Tài liệu tham khảo

1. Phạm Trung Nghĩa. *Nghiên cứu lựa chọn giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả khoan giếng dầu khí vùng nước sâu*. Luận văn Thạc sĩ kỹ thuật. Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội. 2012.
2. Trần Đình Kiên, Phạm Quang Hiệu, Nguyễn Hữu Chinh, Nguyễn Hải Sơn. *Một số vấn đề về sử dụng xi măng bơm trám trong gia cố và kết thúc các giếng khoan dầu khí*. Tạp chí Dầu khí. 2011; 4: p. 32 - 40.
3. Pham Quang Hieu, Pham Trung Nghia, Nguyen Xuan Thao, Nguyen Viet Bot. *Study selection cementing fluids for oil and gas wells deep water*. Proceedings of International conference "Petroleum Technology and Human Resources" HUMG. 20 Sept, 2012: p. 25 - 30.
4. Jan Tore Helgesen, Kristian Harestad, Eirik Sorgard. *Deepwater cementing in the Norwegian sea*. Petroleum Engineering International Journal. 1999; 72 (4).
5. Johon Tronvoll. *Deepwater drilling challenges*. SINTEF Petroleum Research Trondheim, Norway. 2006.
6. Khalil Rahman. *Maintaining wellbore stability during deepwater drilling*. School of Oil & Gas Engineering University, Australia. 2002.

Selecting cement slurries for oil and gas production wells in deepwater areas

Pham Quang Hieu

Ministry of Industry and Trade

Summary

Drilling operations in deepwater areas such as the north and west of Norway, the west of Shetland, the Gulf of Mexico, the east of Venezuela and the west coast of South America face great potential risks and challenges with the sea water depth going up to thousands of metres. Furthermore, the cost of drilling wells in deepwater areas has increased significantly. It is, therefore, a pressing issue in deepwater well design to reduce the drilling time, optimise the well construction process and ensure well engineering. This article studies the choices of cement slurries, one of the important technological and technical solutions to improve the effectiveness of cementing wells in the deepwater areas.