

TỔNG KẾT VÀ ĐÁNH GIÁ CÔNG TÁC BƠM TRÁM XI MĂNG CHO CÁC GIẾNG KHOAN CÓ NHIỆT ĐỘ VÀ ÁP SUẤT CAO TẠI BỂ NAM CÔN SƠN

KS. Phạm Trường Giang¹, KS. Lê Vũ Quân¹, ThS. Nguyễn Minh Quý¹
ThS. Lê Thị Thu Hương¹, KS. Đỗ Văn Hiến², ThS. Trương Hoài Nam²

¹Viện Dầu khí Việt Nam

²Tập đoàn Dầu khí Việt Nam

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu tổng hợp, phân tích và đánh giá hiệu quả công tác bơm trám xi măng cho các giếng khoan có nhiệt độ và áp suất cao tại bể Nam Côn Sơn và đề xuất giải pháp nâng cao chất lượng và tuổi thọ xi măng, giảm thiểu rủi ro và phức tạp do điều kiện địa chất, góp phần đảm bảo hiệu quả khai thác lâu dài, giúp Tập đoàn Dầu khí Việt Nam nâng cao hiệu quả quản lý và phê duyệt các chương trình thi công khoan tại các khu vực có điều kiện nhiệt độ và áp suất cao.

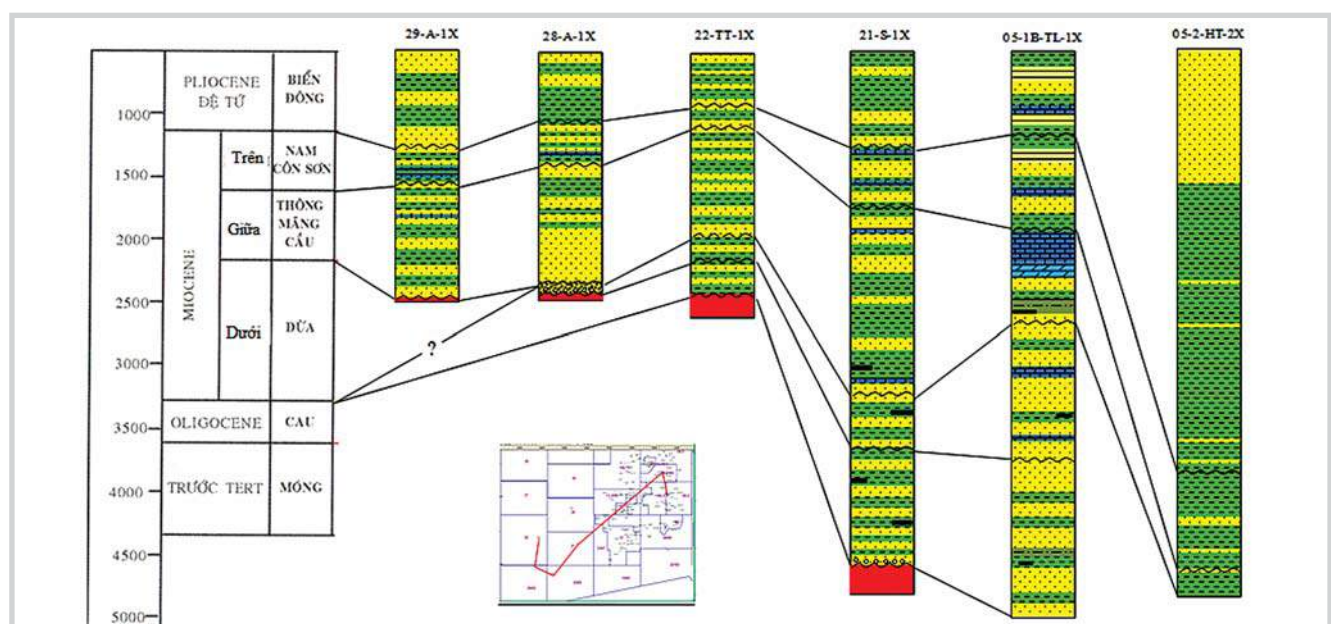
Từ khóa: Bơm trám xi măng, nhiệt độ cao, áp suất cao, sự cố, phức tạp, thi công khoan, dị thường, bể Nam Côn Sơn.

1. Giới thiệu

Sự thành công của công tác trám xi măng, chất lượng và tuổi thọ của vành đá xi măng trong điều kiện vỉa có ý nghĩa quan trọng, đảm bảo thi công giếng khoan an toàn tới chiều sâu thiết kế, tạo sự ngăn cách giữa các vỉa sản phẩm, giữ cho giếng khoan ổn định trong suốt quá trình khai thác.

Kết quả tổng hợp và đánh giá hiện trạng công tác khoan tại bể Nam Côn Sơn cho thấy, số lượng sự cố phức tạp liên quan đến công tác bơm trám xi măng không nhiều, phần lớn xảy ra tại các tầng chứa có điều kiện nhiệt độ và áp suất cao (có nơi nhiệt độ lên đến

hơn 200°C hoặc áp suất thủy tĩnh trên 2 SG). Sự cố này gây nhiều khó khăn, phức tạp trong công tác khoan nói chung và hiệu quả bơm trám xi măng nói riêng... Trong đó, có sự cố điển hình tại giếng khoan 05.1b-TL-2X: khi thi công đến chiều sâu 4.829m, gặp áp lực vỉa rất cao, tỷ trọng dung dịch lên đến trên 19ppg nên phải dừng khoan và chống ống đường kính 7 - 7 5/8" trước khi tiếp tục khoan. Công tác bơm trám xi măng bị ảnh hưởng bởi áp suất cao khiến thiết bị hỏng hóc, phải đổ cầu xi măng và chống thêm 5" để phục vụ công tác thử vỉa. Sự cố trên đã ảnh hưởng đến tiến độ, chi phí thi công, chất lượng giếng khoan (mất 55,8 ngày và trên 10 triệu USD để khắc phục sự cố).



Hình 1. Mặt cắt liên kết các giếng khoan bể Nam Côn Sơn theo hướng Tây Nam - Đông Bắc

Đặc điểm địa tầng - trầm tích nổi bật của bể Nam Côn Sơn là bể dày trầm tích thay đổi rất lớn từ Tây sang Đông, mặt cắt liên kết địa tầng các giếng khoan (Hình 1). Tại khu vực Đông Bắc bể, trầm tích Kainozoi có bể dày thay đổi từ 4.000 - 10.000m, ở phụ đới trung Trung tâm trong đới trung phía Đông có bể dày trầm tích Kainozoi từ 5.000 - 14.000m (Lô 04, 05).

Nguyên nhân gây ra dị thường áp suất và nhiệt độ cao như sự thiếu nén ép trong trầm tích sét trẻ và chôn vùi nhanh, giãn nở tương đối của chất lưu do nhiệt so với khung đá, sự mất nước của khoáng vật smectite ở độ sâu nhất định, sự sinh thành dầu khí từ đá mẹ giàu kerogen, chuyển động nén ép ngang, hệ quả của việc thay đổi nồng độ muối. Bảng 1 và Hình 2 tổng hợp một số giếng khoan có chiều sâu và đối tượng gặp hiện tượng nhiệt độ cao/áp suất cao.

Dị thường áp suất và nhiệt độ cao ảnh hưởng lớn đến công tác chống ống và trám xi măng: ống chống dễ bị lệch tâm, gây khó khăn trong việc đưa chân ống chống đến chiều sâu thiết kế do chênh áp cao; ảnh hưởng đến khả năng vận hành của thiết bị bơm trám; mức độ liên kết của xi măng với ống chống và xi măng với thành hệ không đồng đều. Nhiệt độ cao ảnh hưởng đến tính chất lý hóa của vữa xi măng: giảm thời gian đông kết, giảm độ nhớt dẻo và giới hạn chảy, ảnh hưởng đến thi công

Bảng 1. Nhiệt độ tại một số giếng khoan theo tài liệu MDT, RFT

Giếng	Chiều sâu (m)	Hệ tầng	Nhiệt độ (°C)
04-2-SB-1X	3.154,5	Miocen giữa	133
	3.983,0	Miocen giữa	163
	3.995,0	Miocen giữa	163
	4.002,0	Miocen giữa	165
04-1-ST-1X	3.296,0	Miocen giữa	130
	3.888,0	Miocen dưới	165
04-2-HT-1X	3.748,0	Miocen giữa	172
	4.548,0	Miocen giữa	210
04-2-NB-1X	3.297,5	Oligocen	129,4
	3.788,5	Oligocen	140
	4.001,5	Móng	143,9
	4.154,7	Móng	143,3
04-3-TU-3X	2.608,0	Miocen giữa	120
	2.686,0	Miocen giữa	125
	3.547,5	Miocen dưới	148
	3.618,5	Miocen dưới	153
	3.808,0	Móng	152
04-3-TU-2X	2.991,0	Miocen giữa	125
	3.025,0	Miocen giữa	126
	3.055,0	Miocen giữa	133
	3.110,0	Miocen dưới	131
	3.134,0	Móng	135
	2.779,5	Miocen dưới	124
04-3-TU-1X	3.077,0	Móng	125
	3.357,0	Móng	129

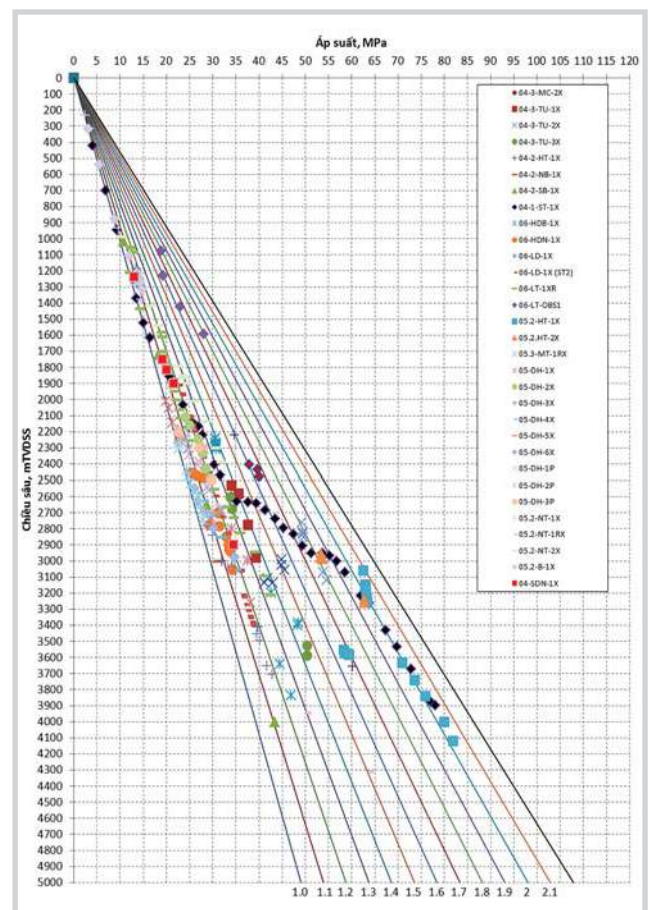
và chất lượng đá xi măng. Chênh lệch thấp giữa áp suất vỉa và áp suất vỡ vỉa tại các giếng có dị thường áp suất gây khó khăn cho việc tính toán tỷ trọng dung dịch vữa xi măng thích hợp. Nhiệt độ cao cũng làm giảm tỷ trọng dung dịch do hiện tượng giãn nở, có thể gây phức tạp trong quá trình thi công.

Trong thời gian tới, một số cấu tạo tại bể Nam Côn Sơn có điều kiện nhiệt độ và áp suất cao sẽ được đưa vào phát triển khai thác. Do đó, việc tổng kết và đánh giá hiệu quả công tác bơm trám xi măng giếng khoan tại khu vực này, rút ra các bài học kinh nghiệm và đề xuất giải pháp nâng cao chất lượng và tuổi thọ xi măng, giảm thiểu rủi ro và phức tạp do điều kiện địa chất sẽ góp phần đảm bảo hiệu quả khai thác lâu dài.

2. Đánh giá công tác bơm trám xi măng tại các giếng khoan có nhiệt độ và áp suất cao ở bể Nam Côn Sơn

2.1. Nguyên tắc phân loại giếng khoan có nhiệt độ và áp suất cao

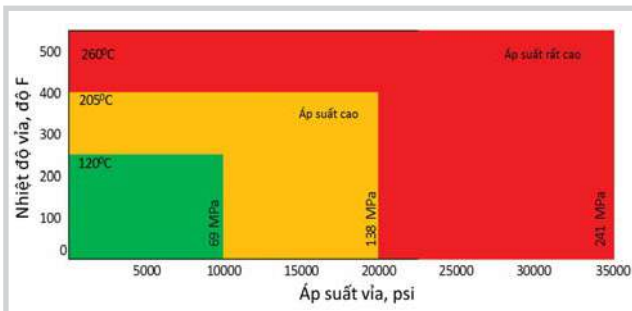
Thực tế thi công khoan tại bể Nam Côn Sơn cho thấy, các giếng khoan gặp điều kiện nhiệt độ và áp suất cao chủ yếu tập trung tại khu vực phía Đông Bắc của bể, gồm



Hình 2. Biểu đồ áp suất một số giếng khoan bể Nam Côn Sơn

các Lô 04-3, 05-1, 05-2 và 05-3. Khi tổng hợp, phân loại các giếng khoan gặp điều kiện nhiệt độ và áp suất cao tại bể Nam Côn Sơn, nhóm tác giả dựa vào tiêu chí được áp dụng phổ biến trên thế giới, có điều chỉnh cho phù hợp với điều kiện thực tế thi công khoan tại Việt Nam, trong đó quy định các giếng thi công qua địa tầng có nhiệt độ vượt quá 120°C, áp suất vỉa vượt quá 10.000psi hoặc tỷ trọng dung dịch tương đương trên 15,3ppg sẽ được coi là giếng có điều kiện nhiệt độ hoặc áp suất cao (Hình 3).

Dựa vào tiêu chí phân loại như trên, có 21/34 giếng khoan đã được thi công tại khu vực Lô 04, 05 bể Nam Côn Sơn gặp điều kiện nhiệt độ và áp suất cao (Bảng 2), trong đó chủ yếu tập trung tại địa tầng có tuổi Miocen giữa và Miocen sớm. Kết quả tổng hợp và phân tích số liệu bơm trám xi măng chủ yếu tập trung tại các địa tầng và giếng khoan gặp nhiệt độ, áp suất cao (các giếng không gặp



Hình 3. Tiêu chí phân loại điều kiện nhiệt độ, áp suất cao

Bảng 2. Tổng hợp 21 giếng khoan gặp nhiệt độ/áp suất cao ở bể Nam Côn Sơn

TT	Tên giếng	Độ sâu gặp nhiệt độ/áp suất cao (m)
1	04.1-ST-1X	3.216 - 3.896
2	04.1-ST-2X	2.415 - 2.945
3	04.3-DB-2XST	2.500 - 3.340
4	04.3-DB-2X	
5	04.3-MC-2X	2.430 - 3.050
6	04.3-TU-1X	2.554 - 3.009
7	04.3-TU-2X	-
8	04.3-TU-4X	2.899 - 3.737
9	04.3-TU-5X	2.949 - 4.404
10	05.1-TLB-1X	2.141 - 2.600
11	05.2-HT-1X	2.663 - 4.160
12	05.2-HT-2X	2.700 - 4.155
13	05.2-HT-3X	2.900 - 3.880
14	05.3-NH-1X	3.064 - 3.074
15	05.3-MT-1X	3.000 - 3.400
16	05.3-MT-1RX	2.795 - 3.352
17	05.3-TT-1AX	2.994 - 3.678
18	05.3-MT-1P	2.805 - 3070
19	05.3-MT-3P	3.700 - 4.000
20	05.1b TL-1X	2.800 - 4.341
21	05.1b TL-2X	3.100 - 3.900

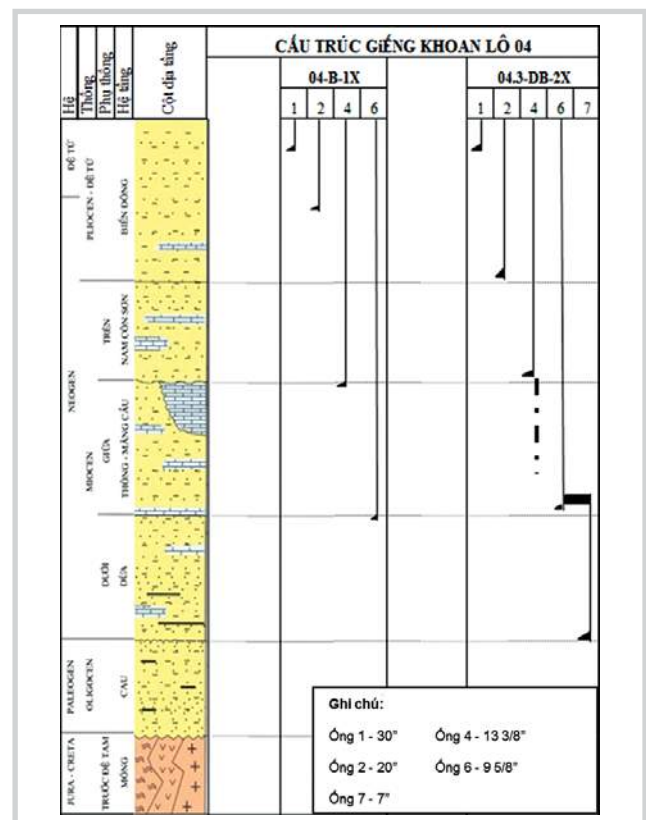
phức tạp này cũng được sử dụng cho công tác phân tích và đánh giá chất lượng bơm trám xi măng).

2.2. Kết quả tổng hợp và đánh giá công tác bơm trám xi măng

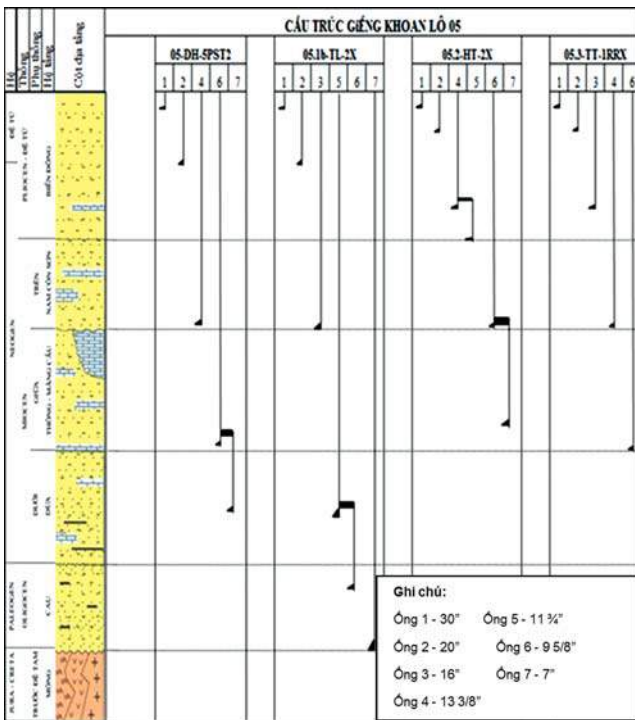
2.2.1. Cấu trúc giếng khoan

Cấu trúc giếng khoan trong các Lô 04, 04-3, 05-1b, 05-2, 05-3 ngoài sự có mặt đầy đủ các kích thước ống thông dụng trong khoan như: 30", 20", 13 3/8", 9 5/8" và ống lừng 7", thì các phức tạp về điều kiện địa chất, đặc biệt là do ảnh hưởng của điều kiện nhiệt độ và áp suất cao nên một số giếng đã phải dùng thêm các cấp ống chống phụ khác như 16", 11 3/4", 7 5/8", 5 1/2". Hình 4 - 6 thể hiện một số cấu trúc giếng khoan điển hình tại bể Nam Côn Sơn.

Cấu trúc giếng khoan của một số giếng có điều kiện áp suất, nhiệt độ cao ở bể Nam Côn Sơn (như giếng 04.3-DB-2X, 05.1b-TL-2X, 05.2-HT-1X) khá phức tạp, với 6 - 7 cấp ống chống, có giếng phải sử dụng 2 ống chống lừng hoặc ống chống tạm thời... để khắc phục các sự cố liên quan đến điều kiện áp suất cao. Ví dụ do không lường trước ảnh hưởng của điều kiện nhiệt độ, áp suất cao nên cấu trúc giếng khoan 05.2-HT-1X dự kiến chỉ gồm 4 cấp ống chống. Khi thi công thực tế, giếng khoan này đã được chống thêm 2 ống chống 11 3/4" và 7" để khắc phục các sự



Hình 4. Các cấu trúc giếng khoan điển hình Lô 04, 04-3



Hình 5. Cấu trúc giếng khoan Lồ 05

cổ gặp phải trong quá trình khoan và đạt được chiều sâu thiết kế, khiến thời gian thi công bị kéo dài.

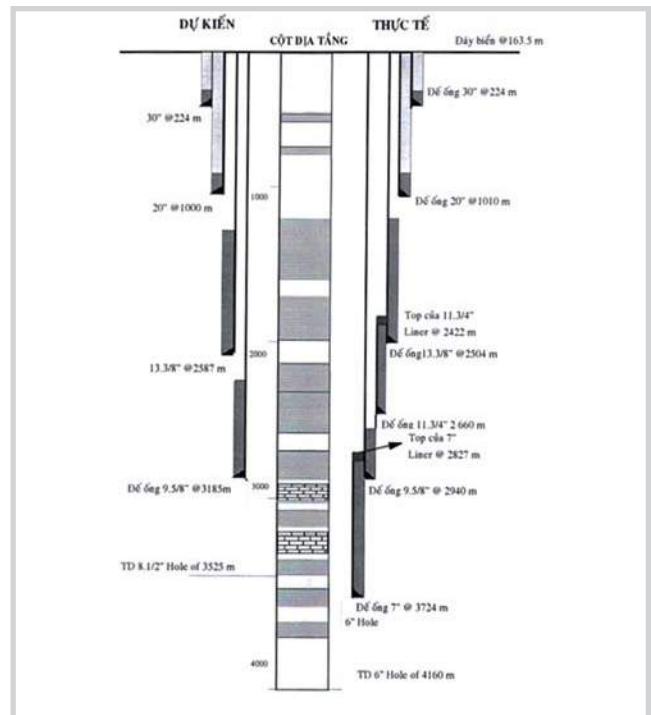
Vì vậy, khi khoan tại khu vực này, các nhà thầu phải nghiên cứu về dự báo điều kiện nhiệt độ, áp suất để có phương án dự phòng trong quá trình thi công, bao gồm việc bổ sung các cấp ống chống dự phòng 16" và 11 3/4" vào thiết kế cấu trúc giếng cũng như tính toán lượng dung dịch, xi măng và các hệ thống thiết bị phụ trợ cho trường hợp khẩn cấp.

2.2.2. Ống chống và phụ kiện

Công tác chống ống được thực hiện bởi các nhà thầu lớn, có nhiều kinh nghiệm như: Liên doanh Việt - Nga "Vietsovpetro", Weatherford, Frank's, PV Drilling & BJ Services, AEDC, Halliburton...

Đối với các giếng khoan gặp nhiệt độ cao và áp suất cao, cần lựa chọn vật liệu ống chống để đảm bảo độ ổn định của thành giếng, độ bền và độ ổn định của thân giếng, nâng cao tuổi thọ của giếng. Bảng 3 thể hiện việc lựa chọn vật liệu ống chống cho một số giếng có nhiệt độ và áp suất cao điển hình.

Các giếng khoan thi công trong điều kiện bình thường chỉ sử dụng ống chống với mác thép N80. Tuy nhiên khi giếng khoan gặp điều kiện nhiệt độ và áp suất cao, nhà thầu sử dụng ống chống có mác thép rất cao như P110, Q125 với ứng suất bền bóp méo đạt trên 10.000psi. Điều này cho thấy nhà thầu đã tính toán khá chi tiết ảnh hưởng của các yếu tố



Hình 6. Cấu trúc giếng khoan 05.2-HT-1X

địa chất phức tạp và đưa ra phương án sử dụng vật liệu ống chống phù hợp trong quá trình thiết kế và thi công.

Các phụ kiện đi kèm ống chống thường là chân đế, van ngược, các loại đầu nối ống chống, đầu treo ống chống, định tâm. Trong bài báo này, nhóm tác giả chỉ quan tâm đến định tâm, vì ảnh hưởng lớn đến hiệu quả công tác bơm trám vữa xi măng trong điều kiện nhiệt độ cao, áp suất cao.

Các giếng khoan đã thi công qua địa tầng có nhiệt độ và áp suất cao chủ yếu là các giếng thăm dò với quỹ đạo gần thẳng đứng. Do đó, số lượng định tâm mà các nhà thầu khoan sử dụng chỉ tương đương với các giếng khoan trong điều kiện thông thường, ngoại trừ các giếng khai thác mới được thi công trong thời gian gần đây (05.3-MT-1P, 05.3-MT-3P, 05.3-MT-6P). Trong đó, giếng khoan 05.1b-TL-2X sử dụng nhiều định tâm tại các cấp ống chống dưới. Nguyên nhân do các giếng thăm dò thi công được thực hiện trong thời gian trước có thời gian làm việc không dài, quỹ đạo gần như thẳng đứng, đều được đổ cầu xi măng hủy giếng ngay sau khi hoàn thành nhiệm vụ thăm dò, thăm lượng nên nhà thầu không chú trọng sử dụng nhiều định tâm nhằm đảm bảo chất lượng bơm trám xi măng.

2.2.3. Công nghệ và thiết bị bơm trám

Các nhà thầu bơm trám như Nowsco, BJ, Dowell/Schlumberger, Halliburton đã sử dụng các hệ thống thiết bị bơm trám xi măng chuyên dụng đảm bảo công suất hoạt động của các thiết bị theo chiều sâu thiết kế của

Bảng 3. Vật liệu ống chống

Tên giếng	Độ sâu gặp nhiệt độ, áp suất cao (m)	Ống chống	Chiều sâu chân đế (m)	Mác thép	Trọng lượng chiều dài (lbs/ft)	Áp suất bóp méo (psi)
04.1-ST-1X	2.415 - 2.945	9 5/8"	2.920,0	C95	53,5	7.340
		7"	3.295,0	SM95S	32,0	9.750
04.1-ST-2X	3.000 - 3.795	7 5/8"	3.078,0	P110	39,0	
		5 1/2"	3.795,0	P110	20,0	
05.1-TLB-1X	2.141 - 2.600	13 5/8"	2.077,0	P110	83,4	3.980
		Liner 9 5/8"	2.299,0	P110	53,5	7.950
05.2-HT-1X	2.663 - 4.160	11,75"	2.660,0	P110	65,0	4.480
		9,625"	2.940,0	P110	47,0	5.300
05.2-HT-2X	2.700 - 4.155			Q125	53,5	5.630
		11,75"	2.989,0	P110	65,0	4.480
		9,625"	3.296,5	Q125	53,5	8.440
05.2-HT-3X	2.900 - 3.880	7"	3.710,0	P110	53,5	7.950
				Q125	32,0	11.710
05.3-NH-1X	3.064 - 3.074	13,375"	2.729,0	P110	72,0	2.880
		9,625"	3.374,0	Q125	54,5	4.760
05.3-MT-1RX	2.795 - 3.352	13,375"	2.908,67	P-110	72,0	2.880
05.3-MT-1P	2.805 - 3.070	5 1/2"	3.065,0	SM125S	29,7	
05.3-MT-3P	3.700 - 4.024	5 1/2"	4.024,0	SM12CRS-110	29,7	
05.1b TL-1X	2.800 - 4.341	9 5/8"	30.443,0	L 80	53,5	6.620

tùng cột ống. Về công nghệ bơm trám, khi bơm trám xi măng các giếng thuộc Lô 04, 04-3, 05-1b, 05-2, 05-3 bể Nam Côn Sơn các nhà thầu bơm trám thường áp dụng các phương pháp sau:

- Trám thuận 1 tầng: Vữa xi măng được bơm vào ống chống (1 liều hoặc 2 liều khác nhau) kết hợp với nút trám trên và nút trám dưới để đẩy ép vữa xi măng vào khoảng không vành xuyên đến chiều cao thiết kế.

- Phương pháp trám ống chống lửng: Vữa xi măng được bơm qua cần khoan, chân đế ống chống vào khoảng không vành xuyên.

Trong quá trình bơm trám, tốc độ bơm đẩy là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng vành đá xi măng, đặc biệt trong điều kiện áp suất cao. Tốc độ bơm đẩy cần phải được kiểm soát sao cho vữa xi măng hoặc chất lỏng đệm thay thế dung dịch khoan ở chế độ chảy rối (với $R_e > 2.800$), trong khi đó, tại điều kiện áp suất cao, khi tăng tốc độ bơm để duy trì dòng chảy rối thì luôn có nguy cơ làm tăng sức cản thủy lực dẫn đến phá vỡ vỉa. Bảng 4 tổng hợp tốc độ bơm đẩy xi măng trung bình các cột ống của các giếng trong khu vực nghiên cứu.

Dung dịch đệm và dung dịch rửa được sử dụng trong quá trình bơm trám xi măng nhằm làm sạch mặt tiếp xúc giữa vữa xi măng với bề mặt ống chống và bề mặt thành giếng khoan, đồng thời đẩy toàn bộ dung dịch khoan ra khỏi khoảng không vành xuyên. Thực tế trám xi măng tại

Bảng 4. Tốc độ bơm đẩy xi măng các cột ống tại các Lô 04, 04-3, 05-1b, 05-2, 05-3

Cột ống (inch)	Lưu lượng bơm đẩy (gpm)
30	266,8
20	241,5
13 3/8	218,2
11 3/4	294
9 5/8	280
7	328

các giếng khoan bể Nam Côn Sơn cho thấy các nhà thầu đã sử dụng dung dịch đệm và dung dịch rửa có thành phần khác nhau, có thể chỉ là nước biển, nước để trộn vữa xi măng (có chứa các hóa phẩm), nước kỹ thuật pha chế thêm chất hoạt động bề mặt, có thể là các dung dịch pha chế đặc biệt (CW7, CW100, MCS). Các nhà thầu trám Dowell, BJ thường sử dụng nước biển, nước biển ức chế (4% KCl), MCS, Spacer, Spacer UW, MCS-0, CW7, CW100. Việc sử dụng các loại dung dịch rửa và dung dịch đệm kèm theo các hóa phẩm phụ gia sẽ có ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng liên kết của xi măng với thành hệ và với ống chống. Như vậy, để nâng cao chất lượng liên kết xi măng cần phải lựa chọn hệ dung dịch rửa và dung dịch đệm phù hợp.

Xi măng được sử dụng để trám là xi măng G, một số giếng có pha thêm chất phụ gia bền nhiệt silicate, tỷ trọng vữa xi măng từ 1,75 - 2,22s.g, nhiệt độ vữa từ 130 - 155°C, phương pháp trám chủ yếu là trám thuận 1 tầng với 1 hoặc 2 liều vữa. Đơn pha chế vữa xi măng tại một số giếng khoan điển hình thể hiện trong Bảng 7.

Bảng 5. Thông số kỹ thuật và công nghệ trám xi măng các cột ống chống

Lô	Ống chống	Đỉnh xi măng (m)	Tỷ trọng xi măng liều vừa đầu (ppg)	Tỷ trọng xi măng liều vừa cuối (ppg)	Phụ gia
04	30"	Đáy biển	15,6 - 15,9		CaCl ₂
	20"	Đáy biển	11,0 - 12,99	11,8 - 15,9	Salt gel
	13 3/8"	1.130m	11,8 - 13,0	15,74 - 15,8	CaCl ₂
	9 5/8"		12,6 - 16,0	15,83 - 18,0	D81 Retarder
05	30"	Đáy biển	12,5 - 16,0	15,74 - 15,8	BWOC A-7+ FP-9L
	20"	167m - Đáy biển	12,5 - 12,9	15,74 - 15,9	Extended + R-15LS + FL9LS
	13 3/8"	1.200 - 510m	12,8 - 14,8	15,74 - 15,9	Silica
	9 5/8"	1.834 - 2.323m	12,8 - 16,0	15,8 - 17,83	Silica + D 175, D075, D600, D081 Retarder
	7"	29.450 - 4.155m	14,5 - 16,0	16,0 - 17,0	Halad, SCR-110L, HR-25L...

Bảng 6. Tính chất vữa xi măng

Giếng khoan	Nhà thầu trám	Loại xi măng	Tỷ trọng vữa xi măng (s.g)	Nhiệt độ (°C)	Phương pháp trám
05.2-HT-1X	Nowesco	G, G + 35% Silica	1,89 - 2,22	130 - 155	1 tầng (1 liều vữa, 2 liều vữa)
05.2-HT-2X	Dowell/Schlumberger	G + 35% Silica	2,05 - 2,2	142 - 155	1 tầng (1 liều vữa, 2 liều vữa)
05.2-HT-3X	BJ	G	1,75 - 2,1	108 - 110 (tuần hoàn)	1 tầng (1 liều vữa, 2 liều vữa)
04.3-DB-2X(ST)	BJ	G	1,93 - 1,95		1 tầng, 1 liều, ABL
05.3-MT-3P	Halliburton	G + 35% Silica	1,75 - 2,05	140 - 152	1 tầng, 1 liều
05.3-MT-1RX	Nowesco	Blended+ Silica Flour	1,98	130	1 tầng, 1 liều

Bảng 7. Đơn pha chế vữa xi măng tại một số giếng khoan

Giếng khoan	Cột ống	Xi măng	Đơn pha chế
05.2-HT-1X	7"	Silica Flour	T10-L/0,23gps + R55-L/0,21gps + LD18/0,478 + 8FA/32,9 + AFA2/0,01
05.2-HT-2X	7"	G + 35% Silica	D066 35%BOWC + Micromax 45%BOWC + D144/0,05gps + D134/3,2gps + D135/0,35GPS + D080/0,5GPS + D109/0,16GPS
05.2-HT-3X	9 5/8"	G	D175/0,05gps + D135/0,32gps + D134/2,5gps + D080/0,61gps + D801/0,03gps + BOWC-D157/0,5gps + SF/0,35gps
05.3-MT-3P	5 1/2"	Esticem blend	35% SSA-1 + 3% Microbond HT + 60% Hi-Dens 4 + WellLife 665 + FPD-C765-04 + 0,3gps CFR-3L + 1,0gps Silicalite Liquid + 0,8gps Halad-413L + 0,4gps SCR-100L + 0,23gps HR-25L

2.3. Đánh giá chất lượng vành đá xi măng

Các thiết bị địa vật lý giếng khoan đo siêu âm như CBL, VDL được sử dụng để kiểm tra và đánh giá chất lượng vành đá xi măng trong một số giếng khoan (Bảng 8).

Chất lượng gắn kết của vành đá xi măng với thành giếng khoan và với ống chống tại một số giếng khoan trong khu vực nghiên cứu rất thấp. Tại giếng 04-ST-2X (cột ống 5 1/2") và giếng 05.1b-TL-2X (cột ống 11 3/4"), vành đá xi măng không có gắn kết tốt mà chủ yếu là gắn kết từng phần và không gắn kết. Một số giếng khoan có chất lượng gắn kết tốt như giếng 05.3-MT-1P (cột ống 5 1/2") và giếng 05.2-HT-2X (cột ống 9 5/8"). Điều này chứng tỏ chất lượng bơm trám xi măng có sự khác biệt rất lớn giữa các giếng khoan và các nhà thầu.

2.4. Các sự cố, phức tạp và giải pháp khắc phục

Thực tế thi công chống ống và bơm trám xi măng tại các giếng khoan có dị thường nhiệt độ và áp suất cao cho thấy không gặp nhiều phức tạp nếu đảm bảo được hiệu quả kiểm soát giếng khoan. Các sự cố gặp phải trong quá trình chống ống và bơm trám xi măng chủ yếu do nguyên nhân lựa chọn, sử dụng cũng như kiểm toán bên các thiết bị. Ngoài ra, một số sự cố có nguyên nhân do việc lựa chọn và sử dụng hệ xi măng không phù hợp với điều kiện thi công ở nhiệt độ và áp suất cao, dẫn đến thay đổi tính chất vữa xi măng so với thiết kế ban đầu. Bảng 9 thống kê một số sự cố, phức tạp điển hình trong công tác chống ống và bơm trám xi măng cho các giếng khoan có nhiệt độ và áp suất cao tại bể Nam Côn Sơn.

Bảng 8. Tổng hợp kết quả minh giải tài liệu CBL/VDL

Giếng khoan	Ống chống	Độ sâu (m)	Độ dày (m)	Chất lượng gắn kết vành đá xi măng					
				Gắn kết tốt (m)		Gắn kết từng phần (m)		Không có xi măng (m)	
				Độ dày (m)	Tỷ lệ (%)	Độ dày (m)	Tỷ lệ (%)	Độ dày (m)	Tỷ lệ (%)
04.3-DB-2X	7"	2.385 - 3.344	959,0	67,0	7,00	892,0	93,00		
04.3-TU-4X	7"	2.899 - 3.737,5	838,5	134,5	16,00	183,0	22,00	521,0	62,00
04.3-TU-5X	7"	2.949,6 - 4.404	1.454,4	280,0	19,25	700,0	48,13	474,4	32,26
04-ST-2X	5 1/2"	2.639 - 3.728	1.089,0			653,0	60,00	436,0	40,00
05.1b-TL-2X	11 3/4"	3.109 - 3.897	788,0			677,6	86,00	110,4	14,00
05.2-HT-2X	9 5/8 "	2.725 - 3.278	553,0	174,0	31,00	379,0	69,00		
05.2-HT-1X	7"	2.940 - 3.724	784,0	131,0	17,00	653,0	83,00		
05.3-MT-1P	5 1/2"	2.798 - 2.982	184,0	141,5	77,00	42,5	23,00		
05.3-MT-3P	5 1/2"	3.722 - 3.903	181,0	76,5	42,00	104,5	58,00		
05.3-MT-6P	5 1/2"	3.310 - 4.082	772,0	384,0	50,00	280,0	36,00	108,0	14,00

Bảng 9. Các sự cố, phức tạp điển hình trong chống ống và bơm trám xi măng

Giếng khoan	Chiều sâu gặp sự cố (m)	Địa tầng	Mô tả sự cố	Nguyên nhân
05.3-MT-1RX	2.079 - 2.882	Miocen	Bơm ép xi măng ống chống 13 3/8" bị kẹt, mất tuần hoàn, xi măng nằm trong ống chống từ 2.097 - 2.882m	Ảnh hưởng của áp suất đến tính chất vữa xi măng, thời gian đông kết nhanh dẫn đến mất tuần hoàn
05.3-MT-1P			Nổ ống dẫn vữa xi măng dẫn từ Batch Mixer to Cement Unit	Thiết bị
05.1b-TL-2X	4.783	Miocen	Sự cố trám xi măng ống 7 5/8", vữa xi măng không thể ép ra ngoài vành xuyên. Toàn bộ lượng xi măng nằm trong ống chống từ 1.743 - 4.510m	Dụng cụ thả ống bị hở, xói mòn dẫn đến hở đầu treo. Nút trám dưới không thủng khi bơm và van ngược bị tắc
04-A-1X		Miocen	Sau khi trám xi măng ống 9 5/8" phát hiện có xi măng trong ống chống và ống bao	Xi măng xuất hiện từ 708m trở xuống, do đó dự báo ống chống bị hở ở đoạn trên 708m
05.3-MT-3P	2.837	Miocen	Quá trình thả ống chống 13 5/8" đến chiều sâu 2.837m thì bị kẹt, các giải pháp cứu chữa không đạt hiệu quả, ống chống được đặt tại chiều sâu bị kẹt	Do chênh áp, đồng thời ảnh hưởng của quỹ đạo giếng khoan và đáy giếng không được làm sạch tốt gây kẹt ống chống

Một số sự cố, phức tạp điển hình được phân tích chi tiết trong các báo cáo tổng kết: sự cố bơm trám xi măng ống chống 7" tại giếng khoan TL-2X; sự cố trám xi măng ống chống 13 3/8" tại giếng khoan MT-1RX; phức tạp khi khoan qua tầng carbonate áp suất cao tại giếng khoan DB-2X.

3. Các giải pháp nâng cao hiệu quả công tác bơm trám xi măng

3.1. Đánh giá hiệu quả công tác bơm trám xi măng

Hiệu quả công tác bơm trám xi măng liên quan đến nhiệt độ cao được đánh giá thông qua chất lượng gắn kết vành đá xi măng theo các khoảng nhiệt độ khác nhau, công tác vận hành của nhà thầu trám... Biểu đồ tổng hợp chất lượng vành đá xi măng theo các khoảng có nhiệt độ khác nhau cho thấy tại nhiệt độ < 120°C, chất lượng gắn kết của vành đá xi măng tốt hơn nhiều so với nhiệt độ > 120°C.

Một trong những nguyên nhân chính dẫn đến chất lượng vành đá xi măng kém tại các khoảng có nhiệt độ cao là do đơn pha chế vữa xi măng được sử dụng chưa hợp lý, các chất phụ gia không có tác dụng trong điều kiện nhiệt độ cao.

Có 4 nhà thầu trám xi măng cho các giếng có điều kiện nhiệt độ và áp suất cao tại khu vực bể Nam Côn Sơn. Trong đó, Newsco thực hiện bơm trám xi măng tại 9 giếng khoan, BJ thực hiện 6 giếng, Dowell thực hiện 3 giếng và Halliburton thực hiện 3 giếng. Tuy nhiên, chất lượng vành đá xi măng được tổng hợp theo từng nhà thầu rất khác nhau (Hình 8), tốt nhất là Halliburton và thấp nhất là Newsco. Nguyên nhân chính là do chất phụ gia sử dụng chưa thực sự phù hợp cho đối tượng có nhiệt độ cao. Ví dụ như công tác bơm trám cột ống 7" giếng 05.2-HT-1X do nhà thầu Newsco thực hiện, nhiệt độ tĩnh đáy giếng (3.725m) là 149°C, nhiệt độ tuần hoàn

là 113°C, các chất phụ gia được sử dụng là T10-L/0,23gps + R55-L/0,21gps + LD18/0,478 + 8FA/32,9 + AFA2/0,01, trong đó nhiều chất phụ gia được khuyến cáo không thể giữ được tính năng khi nhiệt độ cao hơn 225°F (107°C), như phụ gia chống mất nước LD18 chỉ có tác dụng khi nhiệt độ tuần hoàn từ 80 - 200°F (tức là từ 27 - 93°C).

Sự khác biệt giữa chất lượng vành đá xi măng (Hình 8) có thể chưa đánh giá chính xác năng lực của các nhà thầu trám do còn nhiều yếu tố khách quan khác, tuy nhiên, đây cũng là một yếu tố nên được sử dụng để tham khảo.

3.2. Giải pháp nâng cao hiệu quả công tác bơm trám xi măng

Từ kết quả tổng hợp và đánh giá, nhóm tác giả đề xuất các nhóm giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả công tác bơm trám xi măng cho các giếng khoan có điều kiện nhiệt độ, áp suất cao:

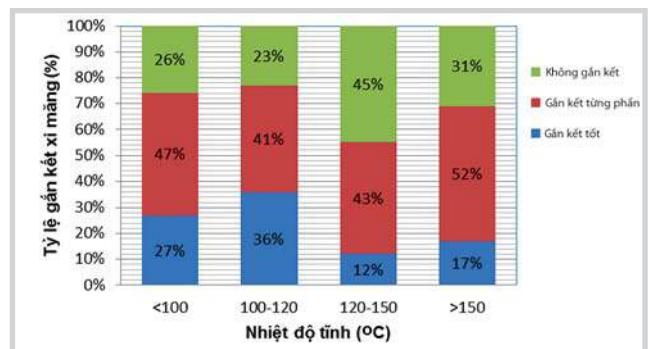
- Nhóm giải pháp liên quan đến cấu trúc ống chống và phụ kiện ống chống, bao gồm việc đề xuất cấu trúc giếng khoan tối ưu cho các đối tượng có điều kiện nhiệt độ/áp suất cao tại bể Nam Côn Sơn cũng như các phụ kiện cần thiết, điển hình là số lượng định tâm ống chống đối với các loại giếng khoan khác nhau

- Nhóm giải pháp liên quan đến đơn pha chế và vật liệu bơm trám, bao gồm việc đề xuất đơn pha chế vữa xi măng và các phụ gia bền nhiệt phù hợp cho các cấp nhiệt độ thành hệ khác nhau

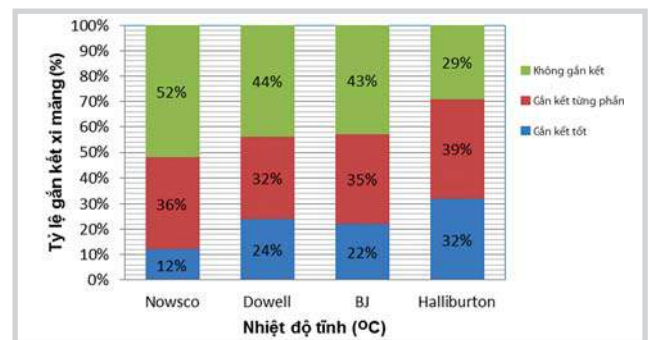
3.3. Đề xuất một số đơn pha chế vữa xi măng cho các khoảng trám có điều kiện nhiệt độ cao

- Đối với khoảng trám có nhiệt độ từ 120 - 150°C

- + Loại xi măng: G + 35% Silica
- + Các chất phụ gia sử dụng (Bảng 10), tùy thuộc hàm lượng muối trong nước pha trộn để chọn loại phụ gia thích hợp
- Đối với khoảng trám có nhiệt độ trên 150°C
- + Loại xi măng: Elasti Cem Blend hoặc G + 35% Silica
- + Các chất phụ gia sử dụng (Bảng 10), tùy thuộc hàm lượng muối trong nước pha trộn để chọn loại phụ gia thích hợp



Hình 7. Chất lượng vành đá xi măng tại các khoảng có nhiệt độ khác nhau



Hình 8. Tổng hợp chất lượng vành đá xi măng theo nhà thầu trám

Bảng 10. Đơn pha chế vữa xi măng cho các khoảng trám có nhiệt độ cao

Nhiệt độ 120 - 150°C	BJ	Dowell	Newsco	Halliburton
Chất chống mất nước	FL-63, FL-52, FL-33, FL-HTFL 1250	Uniflex	D-24, LD-24	Halad 14, Halad 600LE, Halad 413
Chất chậm đông	R-6, LWL, Diacel	D8, D110, D28, D150	R-55, LWL, Diacel	HR-12, HR-15, SCR-100
Chất ổn định độ bền xi măng ở nhiệt độ cao	S-8C, S-8	D30, D66	L-10, SFA-200, SFA-325	SSA-1, SSA-2

Các chất phụ gia khác như chất nhanh đông, chất chống tạo bọt, chất phân tán, chất giãn nở, chất tăng/giảm tỷ trọng... được sử dụng tùy theo điều kiện thực tế như thành phần sét, loại dung dịch khoan sử dụng, loại xi măng sử dụng...

(a)

Nhiệt độ trên 150°C	BJ	Dowell	Newsco	Halliburton
Chất chống mất nước	FL-63, FL-33	Uniflex, D73, D158, D143	D-28, LD-28	GasStop HT, 600LE, Halad 413
Chất chậm đông	R-8, SR-30	D150	R-57	HR-20, HR-25
Chất ổn định độ bền xi măng ở nhiệt độ cao	S-8C, S-8	D30, D66	L-10, SFA-200, SFA-325	SSA-1, SSA-2

Các chất phụ gia khác như chất nhanh đông, chất chống tạo bọt, chất phân tán, chất giãn nở, chất tăng/giảm tỷ trọng... được sử dụng tùy theo điều kiện thực tế như thành phần sét, loại dung dịch khoan sử dụng, loại xi măng sử dụng...

(b)

4. Kết luận

Các lỗ thuộc khu vực phía Đông và Đông Bắc bể Nam Côn Sơn có đặc điểm địa chất rất phức tạp. Đối tượng địa chất phức tạp nhất là hệ tầng Nam Côn Sơn (Miocen trên) và Thông - Măng Cầu (Miocen giữa), trong đó phức tạp địa chất điển hình là dị thường áp suất cao từ Miocen trên tới bất chỉnh hợp Miocen giữa và trầm tích cát kết có độ thấm cao thuộc Miocen dưới; dị thường áp suất thuộc Miocen giữa nằm xen kẽ giữa 2 đới áp suất cao gây ra nhiều khó khăn cho công tác khoan cũng như chống ống, gia cố bơm trám xi măng giếng khoan.

Tại khu vực nghiên cứu có 24 giếng khoan đã thi công qua địa tầng có điều kiện nhiệt độ và áp suất cao. Trong đó, đa phần các giếng khoan phải kết thúc trước so với kế hoạch dự kiến do phức tạp quá lớn và chỉ có một vài giếng khoan có thể thi công đến chiều sâu thiết kế.

Đánh giá về chất lượng bơm trám xi măng tại các thành hệ có nhiệt độ và áp suất cao cho thấy, nhìn chung chất lượng gắn kết của đá xi măng chỉ ở mức trung bình đến kém, chất lượng bơm trám cũng có sự khác biệt theo lỗ, theo nhà thầu trám và theo thời gian thi công;

Việc thiết kế, lựa chọn và sử dụng đơn pha chế vữa xi măng của hầu hết các giếng khoan đều không đảm bảo được yếu tố bền nhiệt, thiếu các phụ gia có khả năng chịu được nhiệt độ cao, gây ảnh hưởng đến chất lượng vành đá xi măng. Công tác kiểm định chất lượng thiết bị trong công tác bơm trám xi măng của một số nhà thầu chưa thực sự được coi trọng đúng mức, gây ra sự cố mất nhiều thời gian và kinh phí khắc phục, ảnh hưởng đến chất lượng và giá thành giếng khoan.

Tài liệu tham khảo

1. Các báo cáo khoan gồm: Các báo cáo tổng kết giám sát thi công các giếng khoan; các báo cáo kết thúc giếng khoan (Final drilling reports); Báo cáo bơm trám xi măng (Cementing report).
2. Nguyễn Minh Quý và nnk. *Báo cáo tổng kết nhiệm vụ nghiên cứu khoa học cấp Ngành "Tổng kết công tác thi công khoan tại bể Nam Côn Sơn"*. 2011.
3. Đinh Hữu Kháng và nnk. *Báo cáo tổng kết nhiệm vụ nghiên cứu khoa học cấp Ngành "Tổng hợp và đánh giá các sự cố đã xảy ra trong quá trình thi công các giếng khoan tìm kiếm - thăm dò và khai thác trên các lỗ hợp đồng phân chia sản phẩm giai đoạn 1989 - 1994"*. 1996.
4. Nguyễn Xuân Hòa và nnk. *Báo cáo tổng kết nhiệm vụ nghiên cứu khoa học cấp Ngành "Tổng hợp và đánh giá kết quả trám xi măng các giếng khoan dầu khí bể Cửu Long (giai đoạn 1994 - 2001)"*. 2001.
5. Hoàng Bá Cường và nnk. *Báo cáo tổng kết nhiệm vụ nghiên cứu khoa học cấp Ngành "Phân tích, đánh giá công nghệ thi công khoan và các yếu tố ảnh hưởng đến giá thành giếng khoan trong điều kiện nhiệt độ, áp suất cao tại cấu tạo Thanh Long"*. 1995.
6. Hemant K.J.Ladva, Bernadette Craster, Timothy G.J.Jones, Garry Goldsmith, David Scott. *The cement to formation interface in Zonal isolation*. SPE-88016-PA. 2005.
7. Thomas C.Mondshine. *Method of simultaneously strengthening the surface of borehole and bonding cement there to and method of forming cementitious pilings*. US Patent No. 4014174. 1977.
8. Dwight K.Smith. *Cementing*. Society of Petroleum. 1990.

Evaluation of cementing results for high pressure, high temperature wells in Nam Con Son basin

Pham Truong Giang¹, Le Vu Quan¹, Nguyen Minh Quy¹
Le Thi Thu Huong¹, Do Van Hien², Truong Hoai Nam²

¹Vietnam Petroleum Institute

²Vietnam Oil and Gas Group

Summary

This article summarises the results of the cementing process for high pressure, high temperature (HPHT) wells in the Nam Con Son basin, for the purpose of evaluating the success rate, geological and operation challenges and lessons learnt in order to propose solutions and techniques to improve the quality of future drilling and cementing for high pressure, high temperature wells in the Nam Con Son basin.

Key words: Cementing, high pressure, high temperature, challenges, complexity, drilling, abnormally, Nam Con Son basin.