

Remoção de Longos Plugs de Hidrato em Águas Profundas na Bacia de Campos com Ferramenta Rotativa de Alta Performance

Resumo

Um dos grandes problemas em intervenção de poços de lâmina d'água profunda nos dias de hoje na Bacia de Campos – Brasil é a possibilidade de formação de tampão de hidrato devido à migração de gás em ambiente úmido de baixa temperatura, interrompendo assim a produção.

A alternativa mais simples para remoção é pressurizar a coluna até o topo do hidrato utilizando nitrogênio e em seguida efetuar ciclos de despressurização rápida. A depender do comprimento do bloco de gelo, esta técnica não é eficiente e uma intervenção com flexitubo é necessária.

Utilizando o flexitubo como condutor é possível efetuar a remoção com ogiva para jatear diretamente sobre o hidrato ou moendo o tampão com motor de fundo e broca. Porém nos dois casos é necessário grandes volumes de fluidos e longo tempo na intervenção.

Com uma ferramenta rotativa especial é possível remover o tampão de hidrato aplicando impacto associado a ciclos de pressão proveniente de jatos dimensionados que requerem menor volume de fluido e taxa de aprofundamento constante. Na mesma descida com esta ferramenta é possível ainda estimular o poço e induzir surgência.

Após experimentar várias técnicas de remoção de hidrato em poços de petróleo ficou comprovado que a utilização da ferramenta rotativa especial descida com flexitubo é mais segura, rápida e econômica que os métodos tradicionais.

Introdução

Hidratos de gás são compostos cristalinos, semelhantes à neve ou gelo, que se formam quando água e gás entram em contato em condições de pressão elevada e baixas temperaturas, porém superiores a 0°C.

Poços localizados nos campos de águas profundas da Bacia de Campos como Marlim, Albacora e Roncador possuem a perspectiva de produção de óleo pesado polar (que favorece a formação de emulsões estáveis) com alta concentração de água proveniente do processo de recuperação secundária via injeção de água do mar. Este cenário favorece a formação de hidratos de gás que podem bloquear linhas e/ou equipamentos, acarretando prejuízos e transtornos operacionais.

A prevenção de hidrato se dá evitando a coexistência das quatro condições abaixo:

- água (fria)
- gás livre ou petróleo com gás dissolvido (frio)
- temperatura baixa (menor que 25 °C)
- pressão alta, inclusive pressão hidrostática (maior que 5Kgf/cm²)

Inúmeras técnicas de prevenção são utilizadas sendo a mais comum e mais simples a substituição completa da água das linhas/poço por diesel puro e a substituição de fluido das linhas de injeção por etanol antes da substituição da água das linhas de “gas lift” e de produção por diesel.

Quando o hidrato se forma, a pressão e temperatura se cruzam acima da curva de dissociação. Assim, a utilização de uma bomba dosadora injetando continuamente

inibidores como glicol e etanol via umbilical também é uma técnica eficiente e comum em poços de águas profundas da Bacia de Campos (Vide abaixo curvas do campo de Marlim).

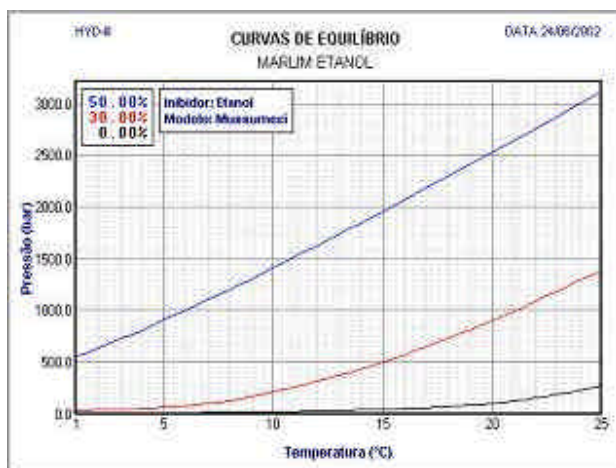


Fig.01 – Curvas de Equilíbrio (Etanol)

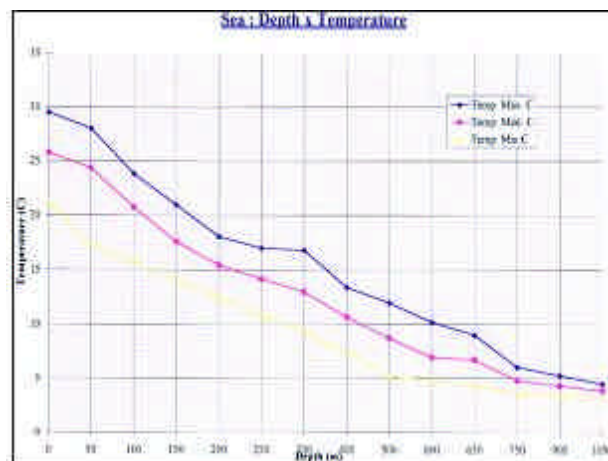


Fig.02 – Gráfico Temperatura x Profundidade

Quando a prevenção não é eficiente por alguma falha na relação água - gás frio - baixa temperatura - pressão, o hidrato é formado e sua imediata remoção é desejável para reestabelecer a produção.

Desenvolvimento

Como método inicial de remoção, tem-se a despressurização das linhas para pressões fora do envelope de hidrato (preferencialmente para pressão atmosférica). Nos poços de petróleo a despressurização é realizada mais de uma vez e utiliza-se uma unidade de nitrogênio para repressurizar o poço acima do tampão de hidrato. A experiência vem comprovando que esta técnica rápida e barata só traz resultados satisfatórios quando o comprimento do hidrato é pequeno ou ainda quando a presença de pelo menos um dos quatro fatores resultantes da formação do hidrato também seja eliminada.

Outra maneira em que se pode tentar a técnica de despressurização e que possui as mesmas limitações da técnica acima é a comunicação do plug de hidrato com a baixa pressão do anular do poço, caso ele esteja ou possa ser despressurizado.

Outra alternativa é a circulação via “bull head” de álcool ou diesel aquecido sobre plug de hidrato com o intuito de retirar a água e elevar a temperatura, quebrando o ciclo de formação ao mesmo tempo em que se tenta derreter o tampão. Além de se gastar grande quantidade de fluido e um longo tempo de intervenção, o risco de explosão das linhas de bombeio por alguma falha no controle do processo de aquecimento e bombeio do fluido aquecido faz com que esta técnica seja evitada.

A intervenção com flexitubo é comprovadamente o melhor método de remoção de hidrato porém é tido como segunda opção devido ao tempo de sonda necessário na montagem, desmontagem e descida do flexitubo até o topo do hidrato. Como o aluguel das plataformas semi-submersíveis é alto e nunca se sabe o volume do tampão de hidrato formado, vale primeiro tentar a remoção com a manobra mais rápida.

Com o auxílio do flexitubo pode-se executar as mesmas operações de bombeio direto (fluido aquecido, diminuição da pressão hidrostática, bombeio de nitrogênio, etc) porém com a necessidade de volumes menores.

Para maior eficiência, uma técnica bastante difundida é o emprego de motor de fundo e broca com flexitubo. Com torque e jatos de fluido direcionados sobre o hidrato é possível removê-lo por desbaste com controle de peso e taxa de aprofundamento (em média 2 m/min). É uma operação simples e com alto grau de confiabilidade tendo como grande inconveniente a necessidade de retirada do motor de fundo até a superfície para dar continuidade às operações seguintes.

Utilizando-se uma ferramenta rotativa de alta performance é possível uma taxa de avanço superior a do motor de fundo pois é utilizada uma ogiva rotativa de rotação controlada e turbinas que otimizam a potência de dois jatos. Com isso o tampão é desgastado através da invasão de fluido pressurizado que causa fissuras no hidrato, seguido de ciclos de pressão controlados, o que erode o material duro através de cavitação gerando minúsculos pedaços soltos facilmente dissolvidos no fluido de tratamento.

Além de acelerar o tempo de remoção do hidrato, é possível bombear uma série de produtos através da ferramenta permitindo que na mesma descida de flexitubo seja possível efetuar a remoção de hidrato e outras intervenções no poço.

Caso 1: Poço A, exploratório, offshore, lâmina d'água 1630m

Dia 01

Abrindo o poço sucessivamente com 1/8", 1/4" e 3/8". Neste momento, houve uma queda abrupta de produção, onde a pressão de cabeça caiu de 1500 psi para 0 psi.

Como medida corretiva, foi efetuada a montagem da unidade de flexitubo de 1-3/4" para a quebra de hidrato com ogiva de 1-3/4". Iniciou-se o trabalho, bombeando continuamente N2 sobre o topo do hidrato.

Dia 02

Após 12 horas de bombeio de N2 sobre o hidrato sem sucesso, retirou-se o Flexitubo de dentro do poço.

Como alternativa, foi substituída a ogiva pela ferramenta rotativa de alta performance de 1-3/4" com dois jatos direcionados a 45° (configuração: nozzle S45C, choque 1/4", 8 turbinas, 6 magnetos, 381 rpm e pressão de impacto de 92psi). O trabalho sobre o hidrato sob esta configuração foi realizado bombeando diesel @ 1.5bpm / 5260psi e avançando a 4m/min constante.

Na mesma descida foi possível realizar a remoção de 190m de hidrato (4" ID) e em seguida aprofundar o flexitubo e efetuar uma indução de surgência.

Caso 2: Poço B, produtor de óleo do campo de Roncador, offshore, lâmina d'água 1852m

Dia 01

Durante manobra de válvulas da ANM com poço em fluxo para limpeza o retorno de óleo e gás foi bloqueado por formação de hidrato. Como forma de sanar o problema, foi efetuada ciclagem de válvulas e sequência de pressurização/despressurização do poço em paralelo com montagem de unidade de flexitubo.

Realizou-se o bombeio de N₂ (300scfm / 2400psi) pela linha de 1" do drill pipe riser sem recuperar fluido.

As válvulas de fundo foram manobradas a fim de eliminar a pressão hidrostática acima do hidrato no bore de 4" do DPR. Bombeou-se N₂, porém sem sucesso na quebra do hidrato.

Dia 02

Efetuaram-se 6 descidas de slickline com facas de diâmetros 3.6", 2.85", 2.37" e 1.75" e martelo 3.75", mantendo DPR ventilado sem sucesso. Topo do hidrato foi localizado @ 970m.

A fim de se verificar a possibilidade de circulação pelo DPR, bombeou-se N₂ pela linha de 1"@ 500scfm, porém não foi obtido êxito.

Dia 03

Verificando a falta de prosseguimento na operação anterior, decidiu-se pela desmobilização da unidade de slick line e, paralelamente, a montagem do conjunto injetor/BOP de flexitubo no lifting frame.

Finalizados os processos de montagem da unidade de flexitubo e a desmontagem do slick line, iniciou-se a descida de flexitubo 1-3/4" com ogiva de 2" com um furo central de 1/4" e 4 furos @ 45° de 1/4", topando no hidrato @ 1015m. Sucessivas tentativas de avanço bombeando N₂ foram efetuadas sem sucesso.

Como alternativa, recolheu-se o flexitubo e foi realizada a troca da ogiva pela ferramenta rotativa de alta performance de 1-3/4" com dois jatos direcionados a 45° (configuração: nozzle R45C, choque 1/8", 8 turbinas, 6 magnetos, 407 rpm e pressão de impacto de 370psi).

Dia 04

O flexitubo e a ferramenta rotativa de alta performance foram descidos no poço, topando no hidrato @ 1017m, iniciando o aprofundamento bombeando diesel @ 0.7 bpm / 4500psi e aprofundando com taxa de penetração de 3m/min.

De forma bem sucedida, foram removidos 530m de hidrato (4" ID). Terminada a operação, retirou-se o flexitubo, com o poço alinhado para a planta de well test em fluxo de estabilização.

Conclusões

- O controle do movimento rotacional da ferramenta rotativa de alta performance induz uma sequência de stress cíclicos a cada segundo, fazendo com que incrustações duras e tampões de hidrato sejam despedaçados em pequenas partículas facilmente removidas / dissolvidas de uma maneira mais rápida que os métodos de desbaste (milling), erosão química convencional ou métodos que utilizam de partículas abrasivas.
- Um produto químico apropriado pode ser bombeado pela ferramenta para melhorar ainda mais a performance do trabalho.
- Além de se poder aproveitar a descida da ferramenta rotativa de alta performance para estimular o poço e/ou induzir surgência, sua taxa de aprofundamento na remoção de hidrato é superior à ROP do motor de fundo e broca, gerando elevada economia de tempo de sonda na intervenção.
- Como a ferramenta foi projetada de forma que a rotação fosse independente da pressão e vazão de bombeio, em qualquer cenário é possível configurá-la para obter a rotação ideal a exercer cavitação (stress cycling) sobre o tampão de hidrato.

Bibliografia

1. Mussimeci, A. : “ Computation in Gas Hydrate Formation”, paper SPE 21112, 1990
2. Davies, D.R. and Richardson, E.A.: “Field Application of In-Situ Nitrogen Gas Generation System”, paper SPE 9653, 1981
3. Lobão, A. : “Curso Básico de Hidrato para Técnicos Químicos de Petróleo”, 2002
4. Reyna, E.M. and Stewart, S.R.: “ Case History of the Removal of a Hydrate Plug Formed During Deep Water Well”, paper SPE 67746, 2001

Figuras



Fig.03 – Gráfico Eficiência de Stress Cíclico x RPM



Fig.04 – Visão macroscópica dos jatos



Fig.05 – Ação dos jatos rotativos



Fig.06 – Plug de Hidrato

Nomenclatura

a) Medidas e unidades:

psi – libras por polegada ao quadrado

m – metros

scfm – pés cúbicos por minuto

rpm – rotações por minuto

in - polegadas

m/min - metros por minuto

b) Siglas e expressões:

ROP – Taxa de Penetração

Slick line - Arame

ANM – Árvore de Natal Molhada

DPR – Drill Pipe Riser

Bull Head – Injeção direta de Fluido