

AQUECIMENTO INDUTIVO DE LINHAS SUBMARINAS DE PETRÓLEO

Gustavo Alberto Schmidt Ribbe e Luis Fernando Azevedo

Departamento de Engenharia Mecânica, PUC-RIO

22453-900, Rio de Janeiro RJ

Palavras chaves: linha submarina, petróleo, aquecimento

RESUMO

Aproximadamente metade das bacias sedimentares que oferecem boas possibilidades de produção de petróleo encontram-se no mar, a grandes distâncias das costas. Hoje as áreas de produção *offshore* mais ativas são no Golfo do México, Mar do Norte, Mar da China, costa oeste da África e a costa do Brasil. A tendência de produção em águas cada vez mais profundas pode ser avaliada pelos seguidos recordes de produção submarina estabelecidos nas duas últimas décadas. O atual poço produtor recordista de profundidade encontra-se a 1900 metros abaixo do nível do mar.

Um dos problemas mais críticos da produção de petróleo em águas profundas é a deposição de parafinas nas paredes internas das linhas de transporte e produção. Linhas flexíveis são compostas por 7 camadas, como mostra a figura 1. A camada mais interna, de aço inoxidável, tem contato direto com o óleo. Um polímero veda a primeira camada. A terceira camada aumenta a resistência mecânica da linha, e entre esta e a quinta camada existe uma fita para diminuir a ação do atrito. As camadas 5 e 6 são responsáveis pela resistência às altas pressões externas causadas pela profundidade e por fim um polímero veda as outras camadas da ação da água do mar.



figura 1 – Estrutura típica de uma linha flexível

O petróleo esco do reservatório entrando nas linhas de produção a uma temperatura de cerca de 60° C. Sendo a temperatura do mar em águas profundas da ordem de 5 °C, e a solubilidade da parafina no óleo uma função decrescente da temperatura, o óleo perde calor a medida que esco, precipitando parafina se um certo nível crítico de temperatura é atingido. A parafina pode depositar-se nas paredes internas do duto e este acúmulo pode acarretar no bloqueio completo da linha. Ocorrendo isto, a linha normalmente é abandonada com significativas perdas de investimentos.

O presente trabalho investiga uma alternativa para a remoção de bloqueios de parafina em linhas submarinas de petróleo. Trata-se de um aquecimento indutivo da alma de aço que forma a estrutura das linhas flexíveis. O calor gerado na alma de aço difunde-se pela parafina sólida produzindo seu aquecimento e, conseqüentemente, amolecimento, possibilitando a desobstrução da linha. O trabalho realizado a partir de 2001, indicou resultados promissores para a aplicação da técnica de indução, verificando a viabilidade do aquecimento indutivo de linhas submarinas

comerciais. Avaliamos os níveis de temperatura atingidos para cada faixa de potência fornecida à bobina indutora.

A seção de testes para a realização dos experimentos é constituída de uma amostra de 1 metro de uma linha submarina flexível, de um tanque com água, de um banho termostático, de uma fonte de corrente alternada e de uma bobina cilíndrica formada por um enrolamento de 170 espiras, como mostra a figura 2.

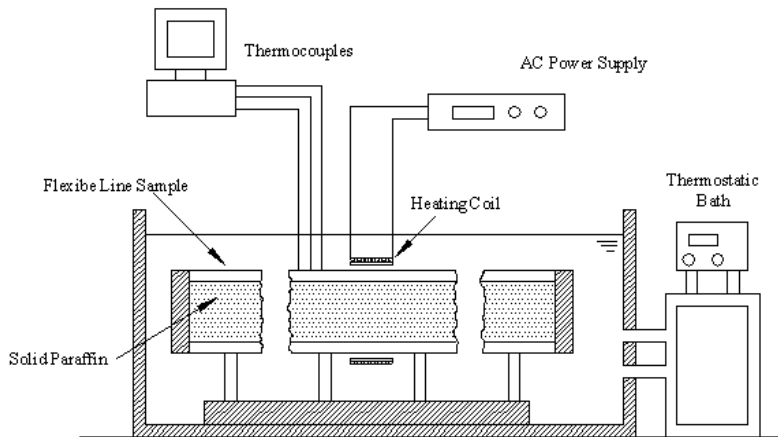


Figura 2 – Esquema da seção de testes

A linha submarina é preenchida com parafina sólida através de um processo de fundição. No interior desta linha foram instalados 90 termopares distribuídos em pontos estratégicos e ligados a um sistema de aquisição de dados. A linha flexível é colocada no interior de um tanque contendo água mantida a 5°C pelo banho termostático. Após atingido o regime permanente de temperatura, a bobina que se encontra ao redor da linha é ligada à fonte de corrente alternada. Diversos testes foram realizados com diferentes potências.

Os experimentos consistem em registrar a variação temporal do campo de temperatura no interior da parafina e nas camadas da linha flexível, para diversos níveis de potência fornecidos à bobina indutora.

Os resultados são apresentados pela figura 3, que representa a variação temporal do campo de temperatura no interior da linha, sendo o centro da linha na posição $x/R = 0$. Neste caso a potência fornecida à bobina foi de 470 Watts. A potência dissipada na alma metálica da linha foi igual a 190 Watts, mostrando uma eficiência de 40% no aquecimento indutivo. A figura 3 mostra que o nível de temperatura atingida foi de 30°C em quase 32 horas de teste. Sendo o ponto de fusão da parafina na faixa de 53 a 56°C, o aquecimento indutivo de linhas submarinas mostra-se suficiente para produzir o amolecimento da parafina. Os resultados também mostram que os níveis de potência requeridos são compatíveis com as tecnologias para fornecimento de potência elétrica submarina, o que torna a técnica viável de ser utilizada em aplicações de campo.

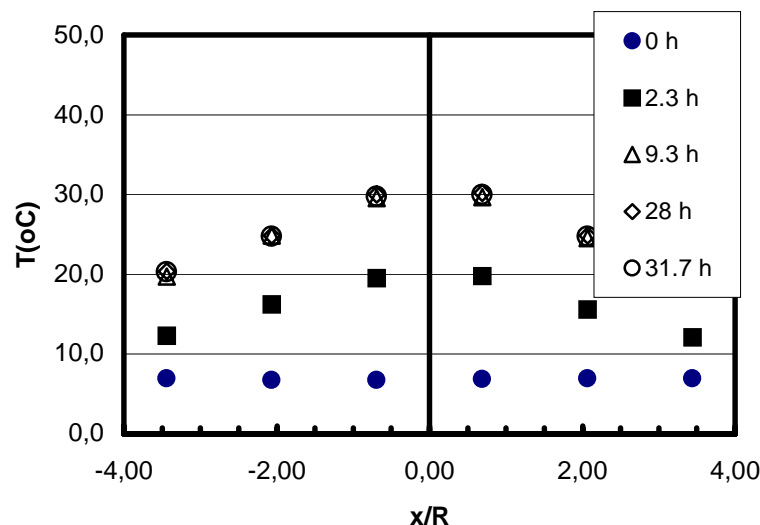


Figura 3 – Distribuição axial da temperatura no centro ($x/R=0$) da linha flexível com aquecimento indutivo a 190Watts.

Os experimentos realizados em laboratório mostram que a técnica de aquecimento indutivo de linhas submarinas de petróleo bloqueadas por depósitos sólidos de parafina é suficiente para amolecer o depósito. O amolecimento já é suficiente para a remoção do *plug* de parafina. Porém, os resultados experimentais indicam que a difusão axial de calor não é significativa, o que obrigará ao aquecimento de todo o comprimento da linha bloqueado com parafina.

A técnica adotada pode ser promissora como ferramenta de remoção de bloqueios em aplicações de campo, já que como consequência ela pode evitar a perda de investimentos quando uma linha é abandonada.

Agradecimentos: os autores agradecem ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo suporte financeiro e pela bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS:

- ASHRAE Handbook of Fundamentals, 1981, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta
- Dittz, C.H.S.M 2001, "Eletrromagnetic Induction of Flexible Lines Used for Petroleum Transport", Master Dissertation, Physics Department, PUC-RIO
- Khalil, C.N., Neumann, C.A., Linard C.A. and Santos, I.G., 1994, "Thermochemical Process to Remove Paraffin Deposits in Subsea Production Lines", Proceedings of the Offshore Technology Conference, Houston, pp. 573-579.
- Kuchpli, C., 2001, personal communication.
- Patankar, S.V., 1980, Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, Hemisphere, New York.
- Zinn, S., Semiatin, S.L., 1988, "Elements of Induction Heating Design, Control and Applications, ASM International.