

Matos, D. R.; Orientadores: Prof. Dr. Leonardo Goldstein Jr.

Dr. Emerson dos Reis

Laboratório de Equipamentos Térmicos e Engenharia Ambiental
Departamento de Engenharia Térmica e de Fluidos – FEM/UNICAMP
d042740@dac.unicamp.br

1. Introdução

O transporte de óleos pesados em tubulações se torna uma questão estratégica à medida que as reservas de óleos leves vão se esgotando. Neste sentido, o chamado "core-flow" – escoamento anular óleo pesado-água – é uma alternativa promissora, pois permite considerável redução da potência de bombeamento. Nele, água é injetada na tubulação de forma a criar uma camada lubrificante ao redor do "core" de óleo num escoamento anular, impedindo que o óleo viscoso atrite com a parede do tubo, como mostrado na Fig. 1 que apresenta, além do core-flow (região do ponto (g)), outras configurações topológicas do escoamento bifásico óleo pesado-água. Quando em operação, entretanto, o escoamento pode se tornar instável, tornando necessária uma tecnologia que permita monitorá-lo ao longo da tubulação para que seja realizado o devido controle.

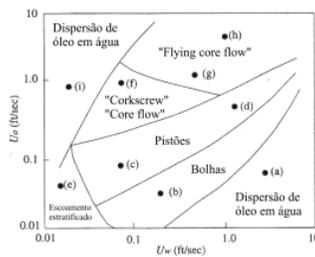
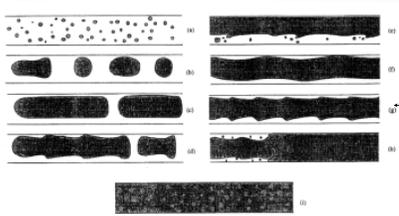


Figura 1 - Mapa de padrões de escoamento óleo-água horizontal quando o óleo é mais leve - Fonte: Joseph e Renardy (1993)
Os diferentes padrões ocorrem em função das velocidades superficiais do óleo e da água nos eixos vertical e horizontal do gráfico, respectivamente



2. Objetivos

Neste trabalho, que está inserido num projeto científico maior financiado pela FINEP e pela Petrobrás, foi realizado o projeto mecânico de uma sonda capacitiva não-intrusiva para a medida local da espessura da camada de água no "core-flow". O projeto foi dividido em três etapas:

- (i) escolha dos materiais da seção compatíveis com os requerimentos de operação e de projeto;
- (ii) projeto mecânico da seção com a elaboração dos desenhos de detalhes e de conjunto das diversas partes;
- (iii) projeto mecânico dos equipamentos auxiliares: suportes, seção de visualização do escoamento em vidro e bancada de calibração estática.

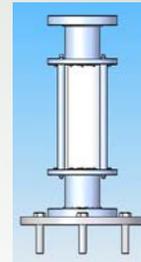
3. Descrição da Sonda e Equipamentos Auxiliares



Figura 2 - Desenho da sonda com blindagem e eletrodos fonte e sensor na parte superior. Blindagem externa de chapa de alumínio que o campo da sonda internamente e protege a sonda do efeito de campos elétricos externos.

3.1 Sonda Capacitiva

A blindagem externa é feita de alumínio, protegendo da corrosão. O tubo de vidro tem dimensões que seguem a norma API-5L-W para tubulações industriais, mesma norma usada nas instalações petrolíferas. A tendência do "core" de óleo é a de deslocar-se acima do centro do tubo, afinando a espessura da camada de água na parte superior da tubulação, tornando essa a região crítica do escoamento. Por isso, os eletrodos fonte e sensor, que são feitos de placas de cobre, estão dispostos na posição observada na Fig. 2.



3.2 Bancada de Calibração

A bancada de calibração, Fig. 3, é constituída de um flange nivelado horizontalmente, com sistema de injeção e extração de água, na qual a sonda será acoplada verticalmente. Tarugos de diversos diâmetros serão inseridos na sonda para calibração estática, simulando diferentes espessuras da camada de água. Esses tarugos serão fabricados de teflon PTFE, pois este material possui permissividade dielétrica relativa muito próxima da do óleo.

Figura 3 - Montagem da sonda na bancada de calibração estática.
Base constituída por um disco de aço ANSI 316 inox, suportada por três parafusos com regulagem individual para garantir o nivelamento da bancada na horizontal.

3.3 Visor

Foi necessário o projeto de um visor de vidro boro-silicato para observação das configurações do escoamento nos testes dinâmicos, Fig. 4, utilizando câmera filmadora digital de alta velocidade. O visor possui a dimensão vertical alongada para que o efeito da refração da luz presente em suas bordas não interfira na visualização do sistema.

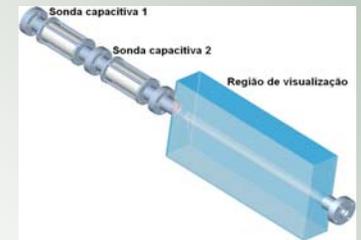


Figura 4 - Conjunto das sondas e visor na linha de transmissão do "Core-Flow" nas instalações do LabPetro da Unicamp. Essa disposição dos elementos se faz necessária para definir a relação entre os sinais elétricos obtidos pela sonda e a visualização das diferentes características físicas do escoamento.

4. Fotos dos Equipamentos

As sondas, a base de calibração estática e o visor já foram manufaturados e montados nas instalações de pesquisa do Labpetro, como mostrado na Figs. 5 e 6.



Figura 5 - Sonda acoplada à base de calibração estática. Esta foto é a representação real do desenho exposto na figura 3 acima.



Figura 6 - Visor e câmera para observação das características do escoamento

Na blindagem da sonda, Fig. 5, pode-se notar os bornes de entrada e saída dos eletrodos fonte e sensor, respectivamente. O visor, Fig. 6, vai ser preenchido com água para evitar o efeito de distorção óptica causado pela concavidade do tubo de vidro.

5. Considerações Finais

Após concluído este trabalho, os esforços se voltam para a regulagem da sonda e a aquisição e processamento dos dados obtidos com ela. A sonda pode vir a representar uma forma eficiente e prática de se diagnosticar as condições de escoamento do "core flow", uma vez que essa análise pode ser feita simultaneamente à operação das linhas de transporte, sem influências no escoamento.

Com o aumento da exploração de óleos pesados e a conseqüente expansão do uso do "core flow", a tendência é de que sistemas semelhantes ao proposto nesse trabalho, Fig. 4, se tornem imprescindíveis nas operações de produção e transporte de óleo pesado.

Referências Bibliográficas

Agradecimento:

1. CHARLES, M. E., GOVIER, G. W., HODGSON, G. W. The horizontal pipeline flow of equal density oil-water mixtures. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, v. 39, p. 27-36, 1961.
2. JOSEPH, D. D., BAL, R., CHEN, K. P., RENARDY, Y. Y. Core-annular flows. *Annual Review on Fluid Mechanics*, p. 65-90, 1997.
3. OLIEMANS, R. V. A., OOMS, G. Core-annular flow and water through a pipeline. In: *Multiphase Science and Technology*, ed. GF Hewitt, JM Delhay, N Zuber, v. 2, Washington: Hemisphere, 1986.

4. REIS, E. e GOLDSTEIN, L. Jr. A new probe for measuring the gas-liquid interface profile in horizontal two-phase flows. *Proceedings of 17th International Congress of Mechanical Engineering*, São Paulo, nov. 2003.

5. VARA, R.M.O., 2001. Hydrodynamics of the two phase oil-water flow in a horizontal pipe, M.Sc. Dissertation, (in portuguese), Faculty of Mechanical Engineering, The State University of Campinas, Sao Paulo, Brazil.