



Influência da pressão interna na taxa de erosão em dutos de perfuração de poços de aço API 5L X52

Juliano Lorenzon Marks, Prof. Dr. Marcelo Favaro

INTRODUÇÃO

O desgaste por erosão de tubulações utilizadas em equipamentos de controle de poços de petróleo é um fenômeno gerado pela produção de cascalhos rochosos durante a etapa de perfuração, podendo causar falhas catastróficas como, por exemplo, um *Kick* ou até mesmo um *Blowout* em ocasiões mais severas. Existem diversos fatores conhecidos que podem influenciar no processo erosivo, um tema pouco abordado é a influência da pressão interna na taxa de erosão em dutos de perfuração e controle de poços. O objeto de estudo contempla a geometria de tubulação mais severa para o desgaste erosivo, uma curva de 90°.

OBJETIVO

Por meio de análise numérica utilizando o método dos elementos finitos (MEF) o modelo visa estudar o estado de tensões em dutos de perfuração de aço API 5L X52 devido à pressão interna, conforme ilustra a figura abaixo. A partir destes valores, é possível quantificar a variação da dureza do aço com o aumento da pressão no mesmo. A taxa de erosão pode ser obtida pelo método de análise de fluidodinâmica computacional (CFD).

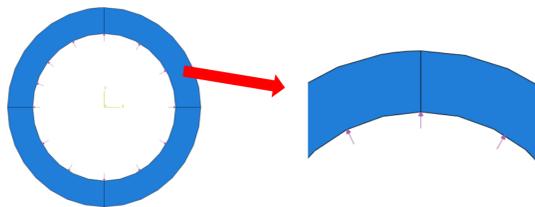


Figura 1: Distribuição da pressão interna nas paredes do duto.

METODOLOGIA

O estudo foi dividido em quatro etapas principais:

- 1- Revisão bibliográfica;
- 2- Análise do estado de tensões tratativas criado na tubulação de 6" de diâmetro nominal e schedule XXS devido à pressão interna (1, 200 e 690 bar) utilizando o software *Abaqus CAE* (MEF);
- 3- Estudo da relação entre o estado de tensões e a variação da dureza do aço API X52, a partir de estudos realizados no laboratório de metalurgia física (LAMEF);
- 4- Análise da relação entre as durezas da tubulação sob diferentes regimes de pressão e a taxa de erosão por meio de simulações no software *COMSOL Multiphysics* (CFD), junto do módulo *Particle Tracing*.

Tendo em vista reduzir o dispêndio de recursos computacionais, o modelo utilizado nas simulações com o método FEM, constitui uma seção transversal do tubo com simetria axial no eixo Z. Os valores obtidos com o mesmo podem ser aproximados para as curvas.

RESULTADOS

Os resultados do estado de tensões na tubulação, oriundo da pressão interna positiva aplicada internamente ao tubo, gera uma tensão circunferencial tratativa, obtida por meio de um sistema de coordenadas polares e é mostrado na figura 2. Para as pressões de 1, 200 e 690 bar, foram obtidas as seguintes tensões circunferenciais, respectivamente: 0, 66 e 228 MPa.

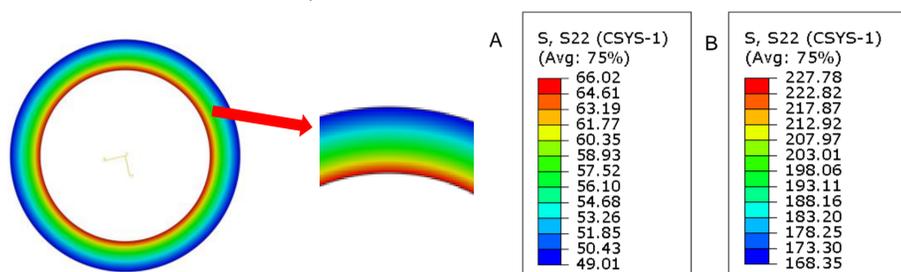


Figura 2: Representação do estado de tensões no duto e seus valores em dois casos. A) com 200 bar, B) com 690 bar.

Posteriormente, o software *COMSOL Multiphysics* foi utilizado para avaliar a variação na taxa de erosão de um duto de aço API X52 de 6", schedule XXS em uma curva de 90°, com raio de curvatura de seis vezes o diâmetro do mesmo. A tabela abaixo mostra as propriedades utilizadas na simulação.

Tabela 1: Propriedades utilizadas no modelo para análise de CFD.

Propriedade	Valor
Comprimento dos tubos 1 e 2	0,3 m
Raio maior da curva	1,0098 m
Densidade aço	7850 kg/m ³
Densidade SiC	2850 kg/m ³
Fluxo em massa de SiC	0.6 kg/h
Velocidade de entrada H ₂ O	10 m/s
Diâmetro das partículas	1.7E-4 m
Dureza, aço	1.7162E9 Pa

Foram construídos três modelos, um para cada valor de pressão interna e suas respectivas durezas Brinell. Neles, o material abrasivo utilizado foi um particulado de carbeto de silício (SiC) em suspensão em água. Na tabela abaixo são relacionadas as principais variáveis do processo erosivo seguidas dos resultados obtidos para cada um dos modelos. A distribuição da erosão no duto é ilustrada na figura 3.

Tabela 2: Resultados obtidos para os três modelos elaborados.

Modelo	Pressão	Dureza	Tensão	Taxa de erosão
Modelo 1	1 bar	175	0.4 MPa	7,7905 . 10 ⁻⁹ kg/(m ² .s)
Modelo 2	200 bar	167	79 MPa	8,5806 . 10 ⁻⁹ kg/(m ² .s)
Modelo 3	690 bar	159	274 MPa	9,0156 . 10 ⁻⁹ kg/(m ² .s)

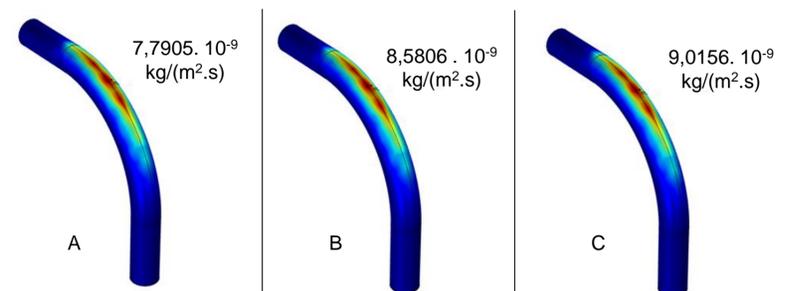


Figura 3: Distribuição da taxa de erosão nos três casos. A) com 1 bar; B) com 200 bar; C) com 690 bar.

CONCLUSÃO

É possível concluir que o estado de tensões oriundo da existência de pressão interna em um duto influencia na dureza superficial do mesmo e, conseqüentemente, altera a taxa de erosão ocasionada pelo fluido abrasivo que escoar pela tubulação. Os modelos elaborados demonstram que, apesar de haver uma diferença de valores relacionados ao processo erosivo, ela não é significativa. Contudo, os modelos desenvolvidos constituem uma importante ferramenta para estudos futuros já que podem ser ajustados para outros regimes de pressão além de dutos fabricados com outros materiais.