

Verificação Numérica em Conformação a Altas Temperaturas

Guilherme Flores Heck, Telmo R. Strohaecker (Orientador)

Introdução

A simulação numérica vem mostrando-se uma ferramenta cada vez mais útil em engenharia. Geralmente, os cálculos analíticos são demasiadamente complicados para serem resolvidos sem a ajuda de um computador. No Laboratório de Metalurgia Física (LAMEF) é realizado um procedimento de dobra a quente em fios chatos de aço pertencentes à armadura de tração de *risers* flexíveis - estruturas tubulares responsáveis pelo transporte de petróleo. Esse procedimento é feito em altas temperaturas, visando a redução das tensões residuais elevadas no local da dobra. Visto que o local conformado mecanicamente serve para a ancoragem da amostra em ensaios de tração e fadiga, é importante ter conhecimento das tensões presentes nesta região.

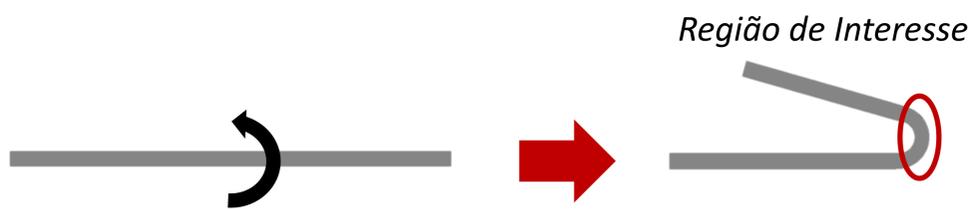


Figura 1 - Processo de dobra esquematizado. À esquerda, antes da dobra, e à direita, após.

Objetivos

O trabalho tem como principal objetivo a análise das tensões envolvidas no processo de dobra a quente utilizando a ferramenta de simulação numérica. Analisando os resultados obtidos, nas diferentes temperaturas utilizadas, é possível concluir qual parâmetro é mais adequado para o procedimento. Além disso, esta análise possibilita um estudo mais detalhado e concreto dos esforços envolvidos nos ensaios cujas amostras tenham passado por esse processo.

Metodologia

Para a modelagem utilizou-se o *software Abaqus*, e o caso foi simplificado para uma geometria em 2D. Os fios chatos são compostos de aço F141. As propriedades do material foram obtidas experimentalmente às temperaturas ambiente, 450°C e 500°C, conforme ilustra a figura 2. Utilizando um raio de dobra de 5 mm, o corpo é flexionado em 180° através da rotação de um dos roletes e, após, a carga é aliviada. O processo ocorre sem atrito. A malha utilizada foi escolhida com base em um critério de convergência. Abaixo é mostrado o desenho ilustrativo em 2D e 3D (Figuras 3 e 4, respectivamente).

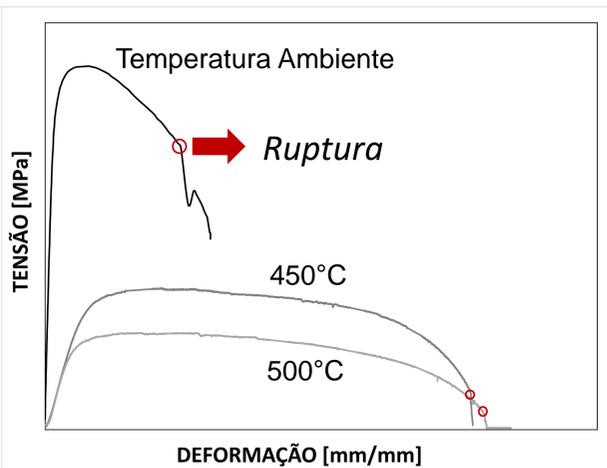
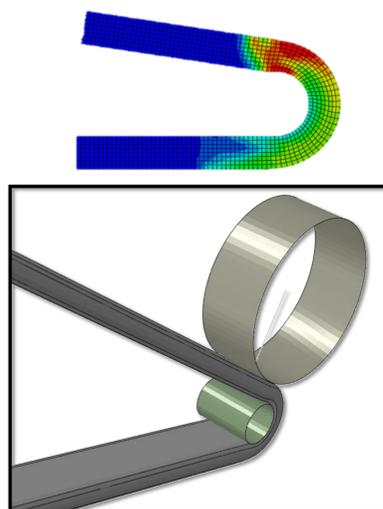


Figura 2 - Curva 'Tensão x Deformação' às diferentes temperaturas.



Figuras 3 e 4 - Ilustração em 2D e 3D

Resultados e Discussão

➤ Temperatura Ambiente:

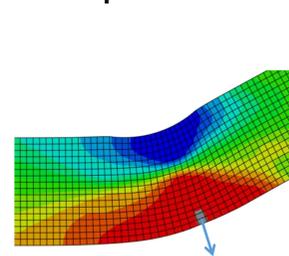
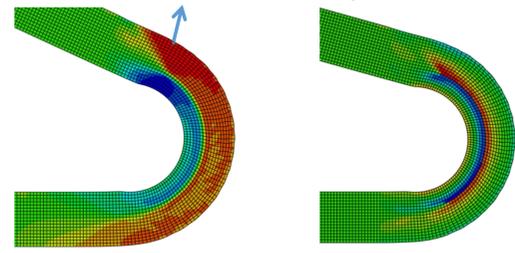


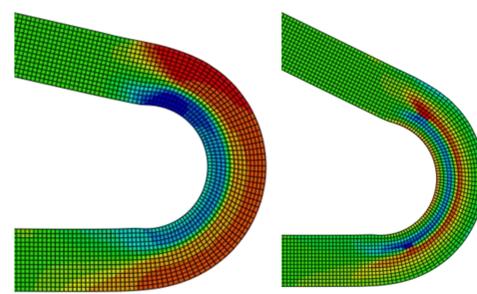
Figura 5 - Região em cinza, onde a tensão ultrapassa a ruptura (35°).

Máxima tensão, em cinza, caracterizando ruptura.



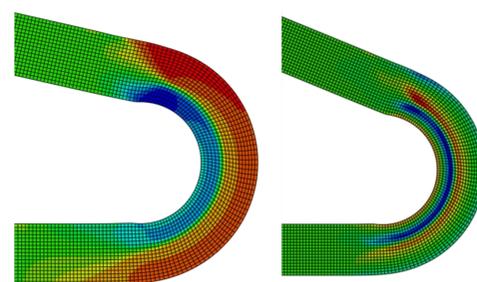
Figuras 6 e 7 - Região no instante de maior solitação (esquerda) e após alívio da carga (direita).

➤ 450°C:



Figuras 8 e 9 - Região no instante de maior solitação (esquerda) e após alívio da carga (direita).

➤ 500°C:



Figuras 10 e 11 - Região no instante de maior solitação (esquerda) e após alívio da carga (direita).

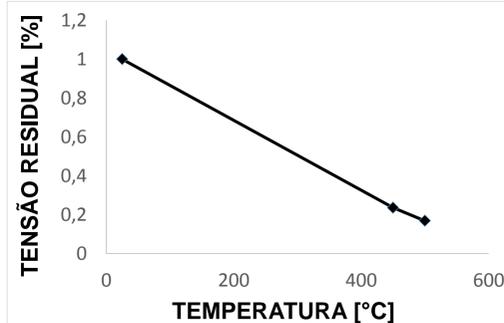


Figura 12 - Tensões residuais às diferentes temperaturas.

A figura 12 mostra a variação da tensão residual tratativa ao longo do fio chato com a temperatura. Supondo o valor máximo obtido para a temperatura ambiente como 1 (100%, valor de referência), a 450°C a tensão residual máxima é 23% da referência e, a 500°C, 17%.

➤ **Discussão:** as figuras acima representam tensões tratativas ao longo da amostra. Para cada temperatura, a escala tem seu máximo fixado no valor de ruptura correspondente. Desse modo, a cor cinza representa um valor acima do limite superior. À temperatura ambiente a tensão ultrapassa a ruptura antes do término da dobra (Figura 5). Já para os casos a 450°C e 500°C isso não acontece; os valores não atingem seus respectivos limites. Além disso, a tensão residual diminui com o aumento da temperatura.

Conclusões

É possível concluir que há vantagens em realizar o processo de dobra a altas temperaturas. Os resultados obtidos mostraram uma menor probabilidade de formação de trincas e fraturas durante o processo quando se aumenta a temperatura. Além disso, a diminuição das tensões residuais no local da dobra é importante para a realização dos ensaios posteriores das amostras. Contudo, quantitativamente, não houve expressiva diferença entre os resultados às temperaturas de 450°C e 500°C.