

“DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICAS NÃO DESTRUTIVAS PARA A MEDIÇÃO DE TENSÕES EM COMPONENTES MECÂNICOS”

Bolsista: Ricardo de Souza Bonna

Orientador: Prof. Dr. Auteliano Antunes dos Santos Junior

DEPARTAMENTO DE PROJETO MECÂNICO, FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica PIBIC/CNPq

Palavras-chave: Medição – Tensões – Componentes Mecânicos



Introdução

Em componentes mecânicos é muito importante que haja uma avaliação nas tensões internas para evitar falhas. Existem muitas técnicas que podem ser utilizadas para se medir tensões em componentes mecânicos, dentre elas, o ultrassom se destaca por ser uma técnica não destrutiva e com um custo relativamente baixo.

Para se medir tensões com ultrassom, é comum a utilização de ondas Lcr (longitudinais criticamente refratadas), que propagam logo abaixo da superfície do material e são mais sensíveis a variações de tensão do que as demais ondas. Um dos fatores de extrema importância para a medição é o conhecimento da profundidade de propagação da onda Lcr. Neste projeto, foi utilizado o método dos elementos finitos para avaliar a profundidade de propagação das ondas Lcr. Os resultados obtidos foram comparados com resultados experimentais e modelos analíticos conhecidos apresentados em Fraga(2007).

Metodologia

Existem alguns modelos analíticos para estimar a profundidade de propagação das ondas Lcr, porém eles não consideram alguns fatores que poderiam influenciar no resultado. Como a matemática por trás desses modelos é muito complexa, algumas simplificações devem ser consideradas para que possamos obter uma resposta analítica aproximada. Nessas simplificações, fatores que alteram o resultado são desconsiderados, como é o caso do tamanho do elemento piezoeletrico do transdutor emissor. Portanto, um modelo numérico é mais indicado para resolver o problema.

Foi utilizado o método dos elementos finitos através do software ANSYS para criar um modelo e simular a propagação das ondas Lcr pelo material. As condições de contorno utilizadas são representadas pelas equações 1 e figura 1 abaixo:

$$\sigma_{zz} = \begin{cases} f(t, x) & |x| \leq l \\ 0 & |x| > l \end{cases}$$
$$\sigma_{zx} = 0 \quad (1)$$

Sendo $f(t, x)$ definida por:

$$f(t, x) = \begin{cases} C \sin((k \sin \theta) x - 2\pi f_c t) & 0 \leq t \leq 1\mu s \\ 0 & t > 1\mu s \end{cases}$$

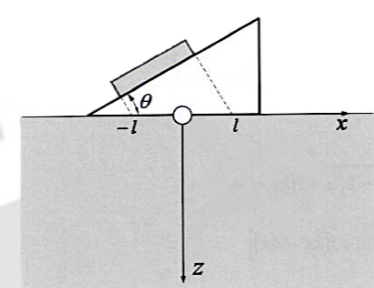


Figura 1: Esquema das condições de contorno

O modelo é bidimensional, possui as propriedades do aço e tem uma espessura de 20mm. A frequência usada do transdutor (f_c) é de 1MHz. Rasgos de profundidades diferentes foram sendo gradativamente inseridos no modelo para que bloqueiem a trajetória das ondas. A partir do momento em que as ondas Lcr começam a sofrer interferências (atenuações) devido ao rasgo, podemos estimar a profundidade de propagação subtraindo a profundidade do rasgo da espessura do modelo. A figura 2 mostra o esquema do equipamento utilizado em laboratório para testes de medições de tensão.

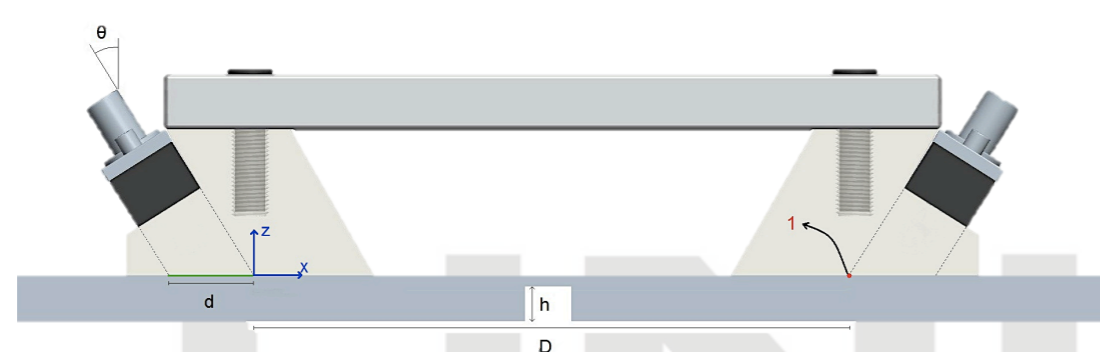


Figura 2: Esquema do modelo utilizado nos experimentos e nas simulações

Resultados e discussões

Foram obtidos resultados na forma de imagens e gráficos que foram comparados uns com os outros para depois serem comparados com os resultados conhecidos experimentalmente e de modelos analíticos. A figura 3 mostra uma imagem obtida durante uma simulação de um modelo de teste, com dimensões de 100x30mm. Nela podemos ver diferentes tipos de onda se propagando no material. Para avaliar a profundidade de propagação, foram obtidos gráficos do deslocamento de um ponto na superfície do modelo (ponto 1 em vermelho na figura 2), esses gráficos representam os deslocamentos vertical (UY) e horizontal (UX) no ponto. Se houver algum tipo de atenuação na amplitude das primeiras formas de onda, que representam as ondas Lcr, podemos dizer que o rasgo influenciou no resultado. Variando a profundidade do rasgo até o momento em que as atenuações parem de ocorrer, podemos estimar a profundidade de propagação através da profundidade do rasgo. Um gráfico característico desses deslocamentos é mostrado na figura 4.

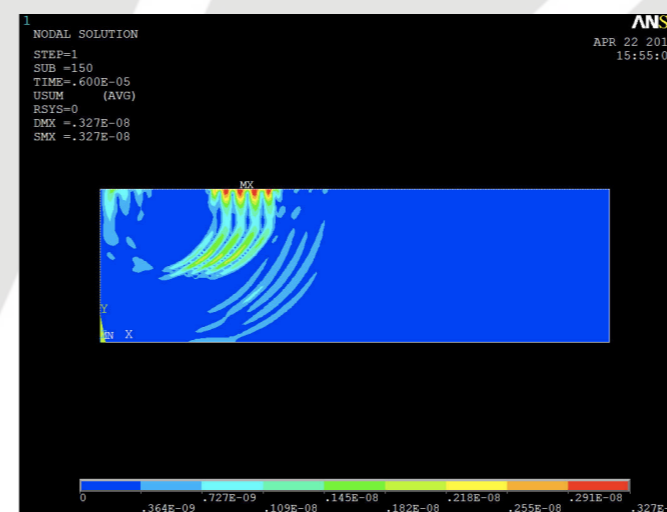


Figura 3: Simulação de teste do modelo

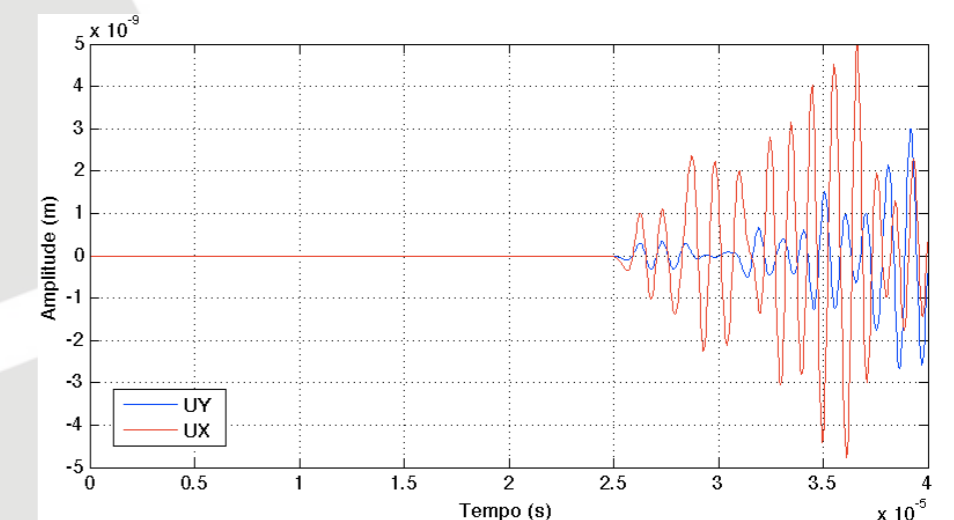


Figura 4: Gráfico dos deslocamentos horizontal (UX) e vertical (UY)

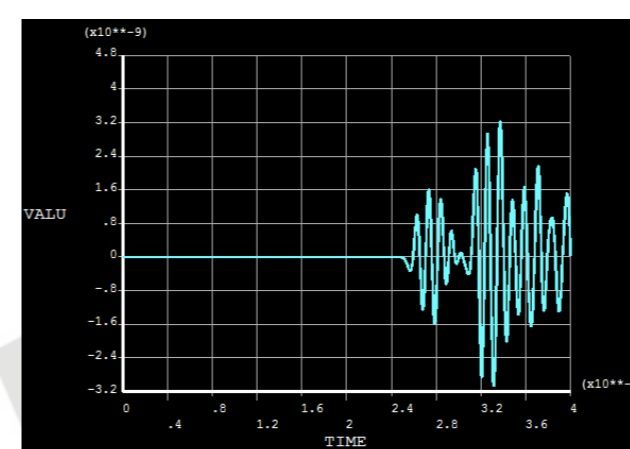


Figura 5: Deslocamento horizontal para o modelo sem rasgo

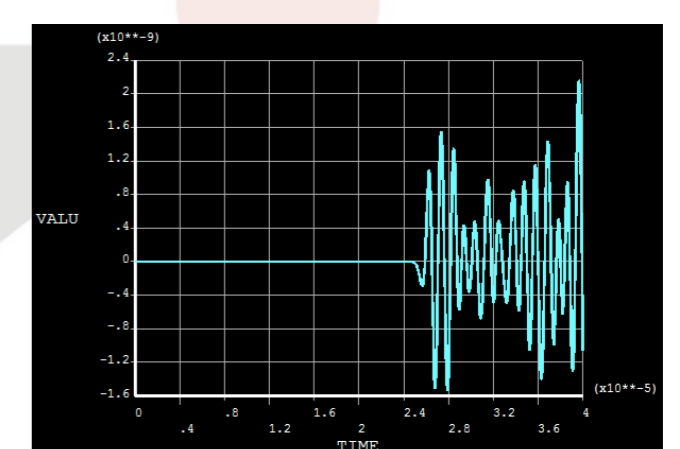


Figura 6: Deslocamento horizontal para o modelo com rasgo de 8mm

Como podemos ver nas figuras 5 e 6 houve uma atenuação muito pequena na amplitude do primeiro grupo de ondas, que representam as ondas Lcr, o que indica que para rasgos com profundidade inferior a 8mm, teríamos atenuações pouco significativas.

Conclusão

Os resultados experimentais e os modelos analíticos apresentados em Fraga (2007) indicavam que a profundidade de propagação da onda Lcr era de no máximo dois comprimentos de onda. As simulações mostraram que a uma profundidade de 12mm, pouco é a atenuação para uma frequência de 1MHz, cujo comprimento de onda é de aproximadamente 6mm no aço, portanto as simulações indicaram o mesmo resultado que experimentos e que modelos analíticos.

Referências bibliográficas

FRAGA, R. S. *Avaliação da profundidade de penetração de ondas longitudinais criticamente refratadas*. Tese de mestrado. Campinas, 26 de fevereiro de 2007.