

Metodologia para o Cálculo de Propagação de Ondas Ultrassônicas em Meios Elásticos em Apoio a Interpretação dos Ensaios Experimentais.

**Victória Cristina Cheade Jacob e Reinaldo Jacques Jospin
Instituto de Engenharia Nuclear - IEN**

INTRODUÇÃO

A propagação de ondas pode basicamente ser simulada numericamente transformando sua equação diferencial em uma versão integral que é propícia à discretização pelo Método dos Elementos Finitos.

O IEN possui um programa de Elementos Finitos, MEF, que simula a propagação de ondas ultrassônicas em meios contínuos. Exemplos numéricos já consagrados na literatura como a propagação de uma onda ultrassônica em uma placa de alumínio com uma função excitadora pré-definida, representando o transdutor, são utilizados [1]. Para a simulação experimental procura-se obter avaliações acustoelásticas, por meio do ultrassom, para uma placa de aço.

Para avaliar a tensão por ultrassom, destaca-se a técnica da birrefringência acústica, que não depende da temperatura e nem da espessura do meio.

A birrefringência fornece a avaliação do grau de anisotropia do material em relação à onda ultrassônica e, conseqüentemente, à tensão a que o material está submetido [2,3].

OBJETIVO

Avaliar as tensões por efeito acustoelástico estudado na placa de aço, para que posteriormente possa ser utilizado para validar uma simulação numérica da propagação de ondas ultrassônicas que ajudem na simulação experimental ou mesmo na caracterização dos defeitos que ocorrem nas peças.

METODOLOGIA

No caso da simulação numérica, um programa comercial, GID, serve de interface gráfica para o programa MEF tanto no pré como no pós-processamento permitindo visualizar a onda em movimento no meio contínuo. Na simulação experimental, o sistema ultrassônico desenvolvido mediu as tensões aplicadas em uma placa de aço usada em dutos de Petróleo e Gás, utilizando a técnica de Birrefringência Acústica, a fim de identificar se o material é isotrópico ou anisotrópico e, posteriormente, se o mesmo é homogêneo ou heterogêneo. Se o material for isotrópico, possuirá Birrefringência igual a zero, ou seja, quanto mais distante de zero maior o grau de anisotropia do material. Foi utilizado nesse trabalho o transdutor de ondas cisalhante Panametrics (V154 – 2.25/.5” – 566597), o acoplante SWC (Shear Wave Couplant), um osciloscópio Tektronix (TDS3032C), um aparelho de ultrassom da Panametrics modelo EPOCH4 e um Computador utilizado para capturar o sinal eletrônico presente na tela do osciloscópio, o que é feito através do programa WaveStar for Oscilloscope, e o processamento deste sinal utilizando o programa CHRONOS/IEN. Primeiramente, foram marcadas as áreas a serem medidas e dispostos os materiais a serem utilizados. Acoplou-se o transdutor na placa com acoplante para capturar os sinais nos 30 pontos da placa. Em cada ponto foram capturados 5 sinais com a direção de polarização da onda ultrassônica cisalhante alinhada com a direção de laminação da placa e outros 5 sinais com a direção de polarização transversal.

Após a aquisição dos dados, foi feito o tratamento destes no Chronos (Correlação e interpolação em L4), obtendo os tempos de percursos nas duas direções. Utilizaram-se, em seguida, os dados obtidos e verificou-se a variação do tempo em relação aos pontos obtidos. Desta forma, foi calculada a Birrefringência (B_0) acústica de cada ponto a partir dos tempos medidos.

RESULTADOS

A partir dos tempos médios nos dois sentidos de polarização da onda ultrassônica, foi realizado o cálculo das Birrefringências Acústicas nos trinta pontos de estudo marcados na placa de aço, de acordo com a seguinte equação:

$$B = \frac{T_L - T_T}{\frac{1}{2}(T_T - T_L)} \quad (1)$$

Na Figura 1 abaixo, podemos observar o comportamento da Birrefringência na placa de aço ponto a ponto, e obter uma média para todos os pontos, definida por:

$$B_{\text{medio}} = 9,253295 \times 10^{-4} .$$

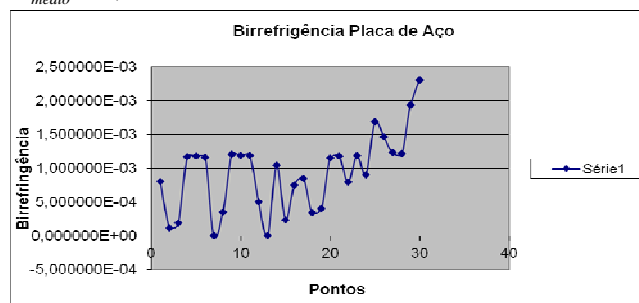


Figura 1: Birrefringência(L4) X Pontos

No caso da simulação numérica apresentam-se as simulações de propagação de uma onda ultrassônica em uma placa de alumínio retangular com e sem furo (Figura 2).

CONCLUSÕES

Com a análise feita a partir dos valores de birrefringência encontrados, pode-se concluir, de forma geral, que a placa apresentou um comportamento anisotrópico

heterogêneo, ou seja, havia uma distribuição irregular de tensões residuais decorrente do processo de laminação. No entanto a análise gráfica feita por método de mínimos quadrados nas situações de tratamento com filtro *L4* e *correlação cruzada* nos mostra uma tendência de o valor da birrefringência se tornar fixo e diferente de zero, significando que a diferença fracional da fórmula (1) tende a um valor constante. Consequentemente pode-se inferir que se o processo de conformação da laminação poderia inserir no material um estado plano de tensões residuais que é mais bem distribuído do que disperso e aleatório.

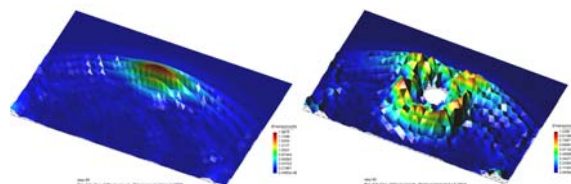


Figura 2: Propagação de onda ultrassônica em placa de Al com e sem furo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Ludwig and W. Lord. A finite element study of ultrasonic waves propagation and scattering in an aluminum block. *Materials Evaluation*, 46(1):108–114, 1988.
- [2] BITTENCOURT, M. S. Q., FONSECA, M.A.C., OLIVEIRA, C.H.F., “Determinação da constante acustoelástica de tubos API-5L-X70”, RIO OIL & GAS 2008, IBP 1663_08, Rio de Janeiro, Brasil, 2008
- [3] BITTENCOURT, M.S.Q., PAYÃO, J.C., LAMY, C.A., *et al*, “Medida de Tempo de Percurso da Onda Ultrassônica para Avaliação de Tensões”. In: III Conferência Pan-Americana de Ensaios Não Destrutivos (PANNDT), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 02-06 Junho 2003.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq