

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Separação dos Sinais Ultrassônicos e cálculo da velocidade em incidência normal por meio de autocorrelação

Hellen Karoline Batista Mass¹

Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológica, Unemat, Sinop, MT

Silvio Cesar Garcia Granja²

Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológica, Unemat, Sinop, MT

1 Introdução

A caracterização dos parâmetros da matriz de rigidez de um sólido é de fundamental importância para a modelagem do seu comportamento mecânico, térmico e elétrico e avaliação do comportamento desses materiais sob condições severas de carregamento.

A determinação da matriz de rigidez acontece por meio da inversão de dados de velocidades de fase das ondas acústicas, que por sua vez são obtidas através da solução da equação de Christoffel. As velocidades de fase de uma onda ultrassônica podem ser obtidas a partir do cálculo do tempo de atraso entre ecos de um pulso ultrassônico. O método de determinação dos tempos de eco entre reflexões do sinal ultrassônico pode ser obtido por correlações cruzadas do sinal com ele mesmo, a autocorrelação.

O presente trabalho tem como objetivo calcular a velocidade de propagação das ondas acústicas em incidência normal em um compósito têxtil de multicamadas de carbono/epóxi por meio de autocorrelação dos sinais ultrassônicos e a separação dos sinais ultrassônicos presentes nas ondas.

2 Materiais e Métodos

Para a aquisição dos sinais foi utilizado o método não destrutivo de ultrassom em um compósito têxtil de multicamadas de carbono/epóxi com espessura de 7,034 mm imersa em água e através de um goniômetro de alta precisão no qual obteve-se dados variando o plano de incidência $\phi = 0^\circ$ a 40° com $\Delta\phi = 0,2^\circ$, obtendo-se assim 201 amostras e variando o ângulo de incidência θ de 0° a 185° com $\Delta\theta = 5^\circ$, tendo 38 amostras.

A separação dos sinais ultrassônicos foi feita por meio de janelamentos, assim como para a determinação dos tempos de atraso entre os ecos: cada onda foi separada em 3 partes, um primeiro sinal e outros dois ecos. Em determinado pulso podem existir somente

¹hellenkbn@gmail.com

²silvio.granja@unemat.br

ondas longitudinais, ou longitudinais e transversais ou somente transversais, isso depende da inclinação do plano de incidência ϕ da amostra. Geralmente as ondas longitudinais são mais rápidas, ou seja, logo desaparecem conforme ϕ aumenta.

Segundo Dunn (2005), a correlação cruzada das funções e é definida como:

$$(f * g)(\tau) = \int f(t) * g(t + \tau) dt \quad (1)$$

e tem as mesmas propriedades do cálculo de convoluções. Esta ferramenta é útil ao se determinar o tempo de atraso entre os sinais f e g de propagação de ondas mecânicas que são capturados em posições que estão separadas por uma distância l . O tempo de atraso τ_{atraso} é calculado determinando-se o instante em que o valor absoluto da correlação cruzada assume seu maior valor, ou seja,

$$\tau_{atraso} = \operatorname{argmax} |(f * g)(\tau)| \quad (2)$$

o que indica que os sinais estão sobrepostos na melhor forma.

Se um sinal s contém as reflexões nas faces paralelas de um sólido, então as funções f e g descrevem os trechos em s em que ocorrem estas reflexões assim, podem-se determinar os tempos de atraso entre duas reflexões de ordem j e $j + 1$, que ocorrem entre os instantes t_j e t_{j+1} , a partir da correlação cruzada $s * s$. A correlação cruzada de um sinal com ele próprio é denominada autocorrelação e os tempos de atraso τ_{atraso} entre as repetições de um pacote são determinados por

$$\tau_{atraso,j} = \operatorname{argmax} |(s * s)(\tau)| \quad (3)$$

Com os tempos de atraso entre as reflexões $\tau_{atraso,j}$ e a distância percorrida na amostra determina-se a velocidade v_i de fase na direção de propagação.

3 Resultados e Conclusões

O tempo de eco estimado médio foi de $4917,9 \times 10^{-9} \pm 6,4 \times 10^{-9}$ segundos. Considerando a espessura da amostra de 7,034 mm temos uma velocidade de $1,4303 \times 10^3$ m/s para a onda em incidência normal. Assim, a partir da determinação da velocidade de propagação torna-se possível por meio da inversão de dados e otimização obter-se os parâmetros da matriz rigidez de um sólido.

Referências

- [1] Dan, Y. *Determinação das propriedades elásticas de laminados compósitos carbono/epóxi pelo método de ultrassom por imersão*, Dissertação de Mestrado em Ciências, USP, São Paulo, 2016.
- [2] Dunn, P. F. *Measurement and data analysis for engineering and science*, McGraw-Hill, New York, 2005.
- [3] Granja, S. C. G. *Inspeção de materiais compósitos utilizando ondas acústicas guiadas*, Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica, Unesp, Ilha Solteira, 2015.