

TTEM 014/16

USO DA TÉCNICA TERAHERTZ NO ENSAIO NÃO DESTRUTIVO DE MATERIAIS COMPÓSITOS

USE OF THE TERAHERTZ TECHNIQUE IN THE NON-DESTRUCTIVE TEST OF COMPOSITE MATERIALS

Signatários:

- Cláudio Nery da Silva¹
- Stephany de Barros Camargo²
- Prof. Dr. José Rubens de Camargo – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Wendell de Queiroz Lamas – Universidade de São Paulo
- Prof. Dr. Francisco José Grandinetti – Universidade de Taubaté/FEG-UNESP

Finalidade: Uso da técnica do Terahertz no ensaio não destrutivo (END) de materiais compósitos.

Duração: 3 meses.

1 – Aluno do curso de Especialização em nível de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica da Universidade de Taubaté (UNITAU/SP) – cnerysilva@hotmail.com

2 - Aluna do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté – (UNITAU/SP) – stephanycamargo@live.com

Palavras chaves: Terahertz, Ensaio, Materiais compósitos, Aeronáutica.

Resumo. Este trabalho técnico tem a pretensão de mostrar o uso do sistema de Radar Terahertz como um método de inspeção de ensaio não destrutivo. Esta técnica (THz) permite inspecionar materiais sintéticos com reforço de fibra de vidro e materiais compósitos com muitas camadas e com estrutura em colmeia ou espuma, tanto por transmissão como por método refletido. É abordado também como forma de comparação corpos de prova que foram inspecionados por ensaios não destrutivos – END, convencionais como Raios X, Ultrassom e Termografia. Materiais modernos empregados nas indústrias aeroespacial, automotiva ou em geradores de energia eólica requerem métodos novos para inspeção por END.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho técnico pretende mostrar a técnica de onda contínua de frequência modulada de inspeção conhecida como TERAHERTZ (THz). Esta técnica tem sido utilizada com sucesso na indústria aeronáutica e em outros seguimentos para detectar defeitos em materiais compósitos. Os materiais sintéticos reforçados com fibras de vidro e materiais compósitos são transparentes em relação às ondas Terahertz e por isso esta técnica é muito bem-vinda na sua inspeção por método não destrutivo e sem contato.

2. TÉCNICA TERAHERTZ

Terahertz (THz) é um sistema de radar com onda contínua de frequência modulada (em inglês: frequency-modulated continuous wave, FMCW) que agrupa diversas frequências de serviço entre 100 GHz e 1 THz com sofisticado processamento de dados para a interpretação dos resultados de uma inspeção realizada.

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O uso de ondas THz para avaliação não destrutiva permite a inspeção de estruturas multicamadas e pode identificar anormalidades de inclusões de material estranho, desunião e delaminação, danos por impacto mecânico, danos por calor e entrada de água ou fluido hidráulico. Este novo método pode desempenhar um papel significativo em uma série de indústrias para aplicações de caracterização de materiais onde o mapeamento de espessura de precisão (para garantir as tolerâncias dimensionais do produto dentro do produto e do produto para o produto) e o mapeamento da densidade (para garantir a qualidade do produto dentro do produto e do produto para o produto).

Em resumo, uma grande variedade de material pode ser investigado com radar Terahertz (THz), e em um experimento simples muitos aspectos de sua qualidade podem ser monitorados, por

exemplo, podem ser identificados defeitos internos tais como bolhas de ar, delaminação ou contaminação.

Figuras 1a e 1b – REPRESENTAÇÃO BÁSICA DO FMCW (radar com onda contínua de frequência modulada).



Figura 1a: Sistema de radar com onda contínua de frequência modulada



Figura 1b: Menlo Systems TERA K15 THz-TDS system with TERA image extension

2.2 IMAGENS 3D ATRAVÉS DE ONDAS TERAHERTZ

Por meio da modulação da frequência o Sistema de Radar Terahertz, a distância é claramente identificada através do tempo de percurso. As propriedades do material do corpo de prova determinam a frequência de serviço. O sistema se destaca pela elevada velocidade de medição de até 4.000 pontos de imagem por segundo e presta-se então para ensaios gráficos tridimensionais. A construção modular dos cabeçotes de inspeção possibilita então medições por transmissão e por reflexão. Para tanto os módulos são deslocados nos sentidos X e Y varrendo o objeto ponto a ponto. Através da medição do tempo de percurso determina-se a posição no sentido Z. Desta maneira consegue-se uma informação tridimensional a respeito do corpo de prova.

2.3 PROCESSAMENTO DA IMAGEM

A imagem de Terahertz é uma técnica de avaliação não destrutiva emergente e significativa usada para análise de materiais quanto a sua caracterização e controle de qualidade principalmente em materiais para as indústrias aeroespaciais. Provou ser eficaz na inspeção de camadas em tintas e revestimentos, detecção de defeitos estruturais em materiais cerâmicos e imagem da estrutura física de pinturas e até manuscritos.

Na técnica Terahertz FMCW – THz as imagens são adquiridas digitalmente pelo sensor da câmera e é processada em um computador por um software específico. O software implementa modos de observar as figuras com resolução de cerca de 100 μm a 1 mm, os sistemas de imagem THz são capazes de detectar falhas que têm dimensões geométricas até esta ordem.

2.4 COMPARAÇÕES COM OS MÉTODOS TRADICIONAIS DE END

Em um trabalho de 55 corpos de prova, que foram inspecionados com técnica Terahertz FMCW – THz e também pelos métodos tradicionais, que incluiu Ultrassom, Termografia Infravermelha e Raios X.

ULTRASSOM – Dos métodos usuais de inspeção por Ultrassom foram utilizados o processo impulso-eco, 2D Inverse Wave Field Extrapolation e medições por transmissão. Foi utilizado no processo um aparelho OMNISCAN MX2 em combinação com o módulo sensor 5L64 - NW da firma Olympus, denominados como US Plus Echo I, em que o sensor de medição funciona como fonte e como detector. O sinal de ultrassom refletido é proveniente de uma superfície limite, como uma parede oposta, por exemplo, ou então de descontinuidades no interior do corpo de prova em um monitor, a intensidade medida do sinal refletido é representada na forma da amplitude sendo que a distância decorre do instante da chegada deste sinal.

TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA – Na inspeção de uma estrutura ou de um material por este método a análise ocorre através da medição e da interpretação do campo de temperaturas sobre o objeto inspecionado. A inspeção do corpo de prova decorre de um processo ativo, o que significa que aquele deverá ser cuidadosamente aquecido. Assim como na técnica Terahertz FMCW – THz, as maiores vantagens deste método são a inspeção sem contato e a apresentação dos resultados na forma de uma figura ou quadro, assim como a inspeção tanto de regiões pequenas como grandes.

RADIOGRAFIA – Por meio de radiação penetrante foram obtidos imagens em 2D por transmissão (modelo DXR500L da GE). Durante a radiologia de materiais descontínuos, com diferentes espessuras, na ocorrência de defeitos como trincas, inclusões de escórias e porosidades, são geradas distribuições não homogêneas de intensidade nos filmes radiográficos dos locais correspondentes devido à absorção e ou dispersão.

2.5 CORPOS DE PROVA PARA CALIBRAGEM E TESTES

Após inspeções preliminares, foram fabricados corpos de prova contendo tipos de defeitos com dimensões e posições definidas. Faziam partes amostras de corpo de provas com estrutura “sanduíche” de materiais compósitos com várias camadas, de plástico reforçado com fibras de vidro com núcleo tipo colmeia ou de espuma.

Como defeitos foram introduzidos diversos materiais, como ar, Teflon e água. Devido à construção diversificada das amostras foram efetuadas inspeções por reflexão a partir da face anterior (A) e da face traseira (B). A figura 2 abaixo apresenta a seção de uma amostra do tipo “sanduíche” com defeitos definidos em posições variadas.

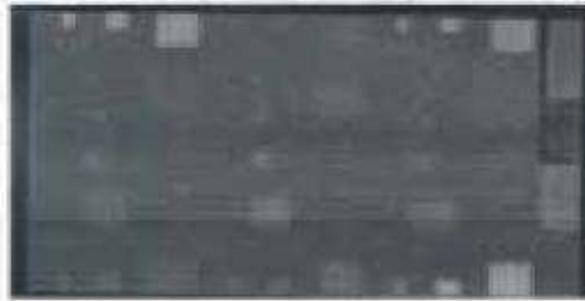


Figura 2: Foto de uma amostra “SANDUÍCHE” com 340 x 200 mm com núcleo em colmeia; os defeitos acham-se representados por quadrados e retângulos coloridos, desde 6 x 6 até 25 x 25 mm, em diferentes profundidades (Projeto DOTNAC da EU).



UNITAU

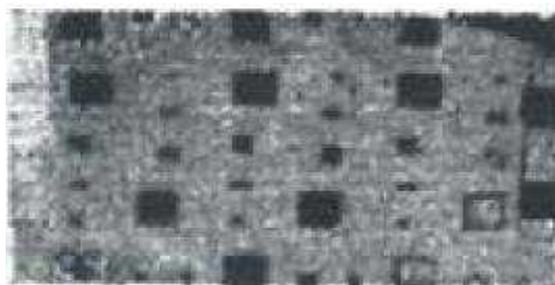
Por métodos convencionais as amostras fabricadas foram inspecionadas, sempre que possível pelas faces superior e posterior através de transmissão e ou reflexão. As representações dos métodos empregados para a face anterior do “sanduíche” acham-se mostradas nas figuras 3 de A/D.



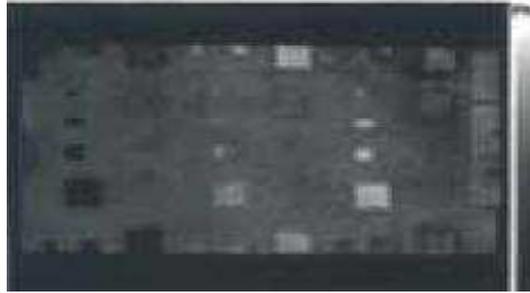
A) Imagem obtida pela técnica TERAHERTZ, FMCW (150 GHz).



B) Imagem obtida por radiografia.



C) Imagem obtida por Ultrassom.



D) Imagem obtida por Termografia infravermelha.

2.6 VANTAGEM

A grande vantagem da técnica TERAHERTZ FMCW – THz em comparação com métodos convencionais como Ultrassom e Termografia Infravermelha é que podem ser detectados defeitos internos e na face oposta, apenas com a incidência por uma das faces, em estruturas compostas e em estruturas ocas (núcleo tipo colmeia ou de espuma).

2.7 DESVANTAGEM

A desvantagem da técnica TERAHERTZ FMCW – THz é que a inspeção fica limitada à superfície quando há reforço com fibras de carbono em materiais plásticos.

3. CONCLUSÃO

Com base no aumento da utilização de materiais compósitos e poliméricos na indústria de um modo geral e a uma inspeção de qualidade que requeira métodos simples e confiáveis que podem ser facilmente implementados em uma linha de produção. Com um tipo de observação on-line, o processamento de matérias-primas e a fabricação de componentes podem ser instantaneamente adaptados e melhorados, e a taxa de rejeição, portanto, pode ser reduzida.

O teste de material com a radiação da técnica TERAHERTZ FMCW-THz provou-se como um método conveniente para esta finalidade e oferece muitas vantagens sobre outras tecnologias convencionais. É seguro para o usuário sem a necessidade de quaisquer precauções específicas tais como proteger por exemplo os raios X. O mais importante ainda, a radiação THz não tem influência no objeto investigado, uma vez que é não ionizante. Pode ser aplicado livre de contato e é um método de ensaio não destrutivo (NDT).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Planejamento Institucional 2012-2015**. Rio de Janeiro: CNEN, 2011.

ABENDI - Associação Brasileira de Ensaio não Destrutivos e Inspeção. Revista. Edição 61/Ano VIII/Abril de 2014. Disponível em: <http://www.abendi.org.br/Revista, Pdf>>. Acesso em 26 Novembros 2016.

CASTRO, Lucas Rafael Costa de. **Estudo de viabilidade da substituição de sistema de radiografias convencionais por computadorizadas para fundidos aeronáuticos**. 2015. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Industrial Mecânica. ETEP, São José dos Campos, São Paulo, 2015.

SKZ & Menlo Systems. **Non Destructive Testing of Plastic Compound Materials**. Disponível em: <<http://www.menlosystems.com/assets/Application-Notes Materials.pdf>>. Acesso em 26 Novembros 2016.

GARCIA, Amauri; SPIM, Jaime Alvares; SANTOS, Carlos Alexandre dos. **Ensaio dos Materiais**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 19232-3: Non-destructive testing; image quality of radiographs; Part 3: Image quality classes**. Genebra: ISO, 2013.

ANDREUCCI, Ricardo. Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos. **Radiologia Industrial**. São Paulo: ABENDE, 2014.

AIAA – Aerospace Industries Association of America. **NAS 410: NAS Certification & Qualification of Nondestructive Test Personnel**. Arlington. NAS, 2014.

OLYMPUS Innovation in Nondestructive Testing. Eddy current and ultrasonic phased array equipments. 2008.

MATAREZI, João Carlos. **Aplicação do ensaio de eddy current phased array em componentes aeroespaciais**. 2009. 114f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica, UNITAU, Taubaté, 2009.

5. Comunicado de responsabilidade

O autor é o único responsável pelo material pesquisado.

Abstract. This technical work intends to show the use of the Terahertz Radar system as a non-destructive test inspection method. This technique (THz) allows inspecting synthetic materials with glass fiber reinforcement and composite materials with many layers and structures in hives or foam, both by transmission and by reflected method. It is also approached as a way of comparing test specimens that were inspected by conventional non-destructive tests NDT, such as X-rays, Ultrasound and Thermography. Modern materials used in the aerospace, automotive, or wind power generation industries require new methods for NDT inspection.