

Taubaté, 12/09/15 a 28/11/15

TTEM 008/15

ENSAIOS DE ULTRASSOM NA COMPONENTE DO ROTOR PRINCIPAL

ULTRASOUND TESTS ON MAIN ROTOR COMPONENT

Signatários:

- Datiéle Bianca Teodoro¹
- Prof. Dr. José Rubens de Camargo – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Francisco José Grandinetti – Universidade de Taubaté/FEG-UNESP
- Prof. Dr. José Rui de Camargo – Universidade de Taubaté

Finalidade: Apresentar um caso de corrosão na pá do rotor principal e mostrar como o ensaio de ultrassom pode ser eficaz na análise.

Duração: 3 meses

1 – Aluna do curso de Especialização em Engenharia Aeronáutica da Universidade de Taubaté (UNITAU/SP) – datielle.teodoro@gmail.com

Palavras chave: Helicóptero. Rotor Principal. Corrosão Ensaio Não Destrutivo. Ultrassom.

Resumo. Os helicópteros são máquinas extremamente versáteis. A estrutura aerodinâmica permite seu acesso aos mais diversos lugares, o sobrevoo em diferentes condições. O helicóptero tem grande vantagem sobre os aviões, há facilidade na decolagem e no pouso, o sobrevoo em locais de difícil acesso é consideravelmente possível. Por executar uma grande gama de trabalho, as manutenções são periodicamente realizadas assim cada uma das componentes ao longo da sua estrutura é examinada. Por exemplo, o helicóptero é uma aeronave de asas rotativa, o rotor principal é a componente mais importante da sua estrutura. A principal função do rotor é de manobrar a aeronave, tanto para curvas como para a mudança de altitude, e produzir a sustentação. Além das condições climáticas a que é exposto, o rotor principal e suas componentes precisam resistir a forças centrífugas, vibração, abrasão e corrosão enquanto rotaciona as pás e fornece estímulos essenciais para os componentes de controle de voo. Este trabalho abordará como a técnica de ultrassom de ensaios não destrutivos (END), é eficaz facilitando a detecção do problema.

1. Introdução

O helicóptero é uma máquina capaz de sobrevoar em diversas condições climáticas (figura 1). O seu design aerodinâmico possibilita seu acesso em lugares em que um avião não consegue alcançar, esta aeronave realiza decolagem, pouso vertical, voa para trás e gira a 360° ao redor do seu eixo. Além disso, o helicóptero consegue pairar sobre o ar (JOFFLY, 2000).



Figura 1 (a) e (b) Modelos de helicópteros.

O componente mais importante dos helicópteros é o rotor principal, é o rotor principal junto com seus componentes que manobram a aeronave no ar. Por ser a componente de destaque da aeronave o rotor e seus componentes precisam atenção em cada período de manutenção (SILVA, 2010).

Quando o rotor principal gira, ele exerce uma força de rotação sobre o helicóptero como um todo. Devido a essa força, trincas, descontinuidades e desgaste do material e das ligas que compõem as componentes podem surgir. As condições climáticas e os fluidos provenientes do material usado na fabricação das componentes podem contribuir no aparecimento de corrosão e erosão (JOFFLY, 2000).

Os meios corrosivos mais frequentes encontrados na natureza são atmosfera, águas naturais, ar, sol e chuva (VAN VLACK, 1964).

Sendo a corrosão, em geral, um processo espontâneo, ela pode constantemente transformar os materiais metálicos e compostos de modo que a durabilidade e desempenho dos mesmos deixam de satisfazer os fins a que se destinam (GENTIL, 1996).

A técnica de ensaio por ultrassom é um método de ensaio não destrutivo – END, que auxilia na detecção de corrosão e descontinuidades internas na pá e em algumas componentes do rotor principal. Esse tipo de ensaio consiste em emitir ondas acústicas no material e captar as ondas acústicas emitidas após o contato do aparelho ultrassônico com o material (FERREIRA, 2008).

Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção - END (2008) noticiou que a corrosão em algumas componentes do rotor principal leva empresas aéreas a gastar horas de manutenção incluindo gasto financeiro, porque as falhas aparecem em regiões de difícil acesso para serem inspecionadas, sendo necessário muitas vezes, o desmonte do Helicóptero para a procura de pontos de corrosão.

2. Helicóptero

O helicóptero é que uma aeronave que possui asas móveis, figura 2. O rotor possibilita que esta aeronave helicóptero se sustente no ar e ande de ré, isso porque suas pás estão sempre em movimento devido à força gerada pelo rotor principal (JOFFLY, 2000).

Os mecanismos utilizados por essa aeronave para voar são bastante complexos, o sistema é composto por hastes e engrenagens que liga toda a estrutura desde a cabine até os rotores (SILVA, 2006).

O rotor principal do helicóptero é montado sobre um mastro vertical localizado na parte de cima da cabine do helicóptero. Quando falamos em rotor, devemos também lembrar que além do rotor principal há também presente na aeronave o rotor de cauda. Um rotor de cauda é geralmente composta de duas ou mais lâminas. É o rotor principal quem permite a decolagem e o rotor de cauda o empurra para compensar o binário gerado pelo rotor principal, essa combinação permite que esses dois rotores trabalhem em conjunto evitando que a aeronave rodopie (JOFFLY, 2000).

O estabilizador horizontal mantém a aeronave estável no ar, é o estabilizador quem aplica uma força que impede que a aeronave embique para cima ou para baixo (SILVA, 2006).

As pás são inclináveis e conseguem se movimentar por meio de um sistema de bastões e articulações de acordo com a posição dos pratos. É importante lembrar que quanto maior o ângulo da pá, maior é a sustentação criada (JOFFLY, 2000).

Os pratos recebem um movimento, após os comandos do piloto. Quando se aciona o manche o prato é inclinado, as pás começam a girar de um lado e o helicóptero se move em sentido horizontal. Para obter movimento vertical os pratos sobem e descem ao longo do mastro (SILVA, 2006).

A Fuselagem é a camada aerodinâmica que reveste a parte exterior de uma estrutura aeronáutica. O trem de pouso é o sistema de aterragem do helicóptero, ele possui um amortecedor ou macaco pneumático que é alimentado pelo sistema hidráulico e comandado pelo piloto por meio de manches manuais ou automáticos (JOFFLY, 2000).

Além da vibração e da grande quantidade de serviços a que a aeronave é exposta, elas também sobrevoam em diferentes condições climáticas. Ar, chuva, sol, os fluidos provenientes do material e a própria vibração são alguns dos fatores que contribuem para deterioração do material utilizado ao longo de sua estrutura (GENTIL, 1996).

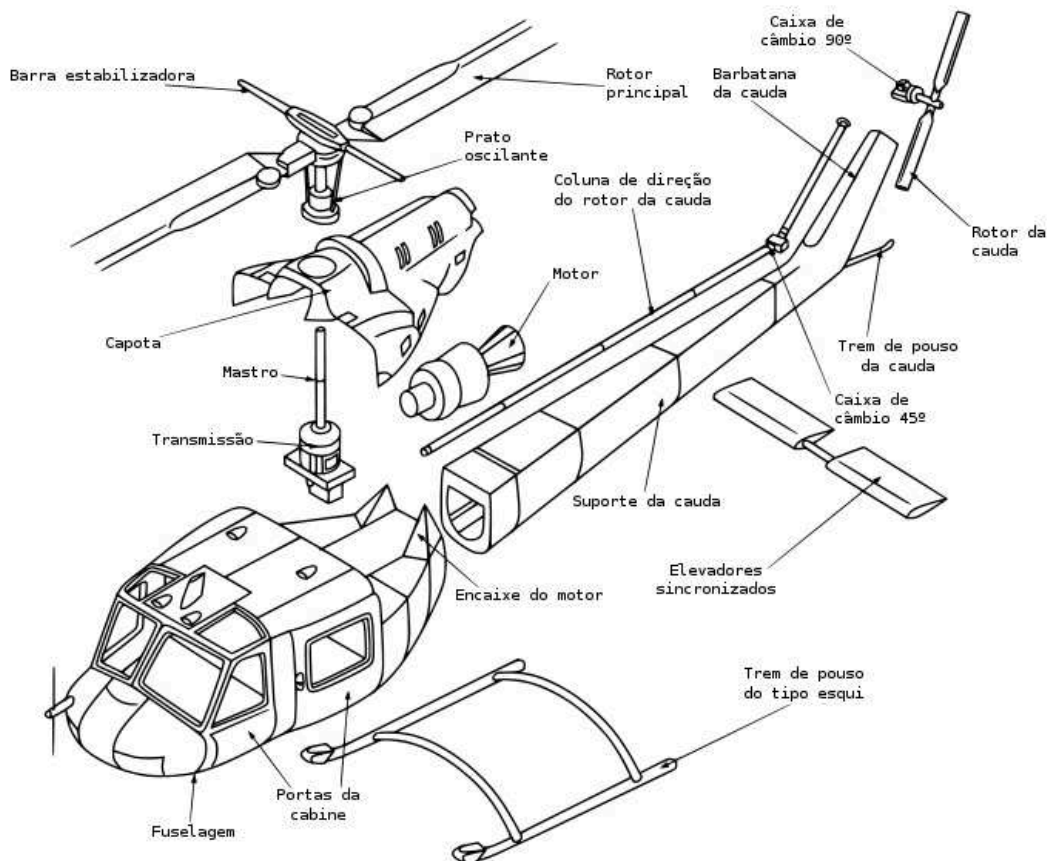


FIGURA 2: Estrutura do Helicóptero 2012
 Fonte: Helibras helicóptero do Brasil (2012)

3. Rotor Principal e suas componentes.

O rotor é um dos maiores e mais importantes componentes no helicóptero. Ele deve resistir a forças centrífugas, vibração, abrasão e corrosão enquanto rotaciona as pás e fornece estímulos essenciais para os componentes de controle de voo. O rotor transforma a potência gerada pelo motor em sustentação e tração, ou seja, toda a sustentação do helicóptero é conseguida pelo rotor (JOFFLY, 2000).

O rotor principal tem um efeito giroscópico, ou seja, seu corpo tende a um movimento giratório, característico das forças de precessão e rigidez. A rigidez por sua vez, mantém o corpo da aeronave em seu plano original. Este efeito é importante, pois no momento em que ele inclina o plano de rotação, ele volta a sua posição de equilíbrio. No efeito de precessão ocorre um retardo na resposta de uma força que tende a fazer a aeronave girar, Esta força terá uma resposta à 90° de onde for aplicada mantendo seu equilíbrio (SILVA, 2006).

O rotor principal é constituído das seguintes componentes:

- **Pá:** É construída de alumínio e fibra de vidro se for construída de material composto uma proteção de aço inox no bordo de ataque e uma de alumínio no bordo de fuga é utilizado na fabricação. A pá contribui pela sustentação da aeronave no ar (figura 3).

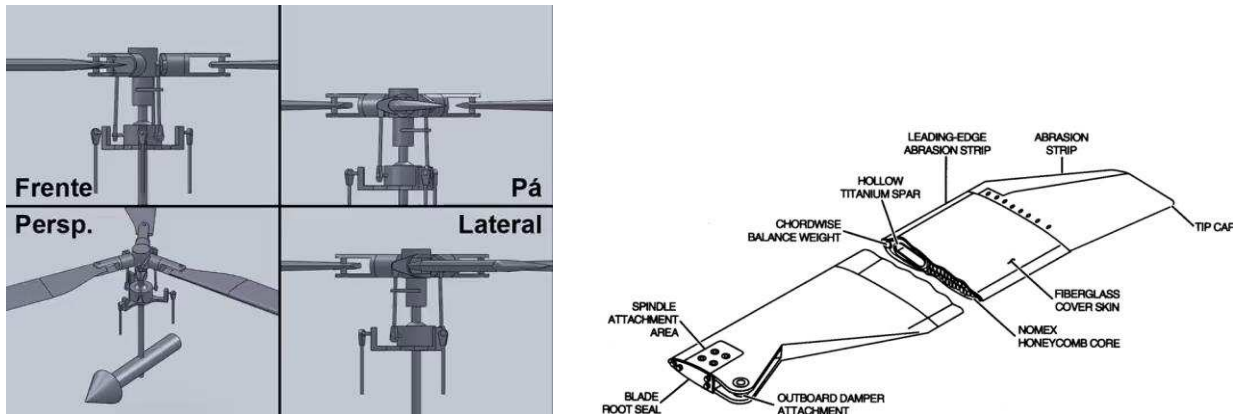


Figura 3 (A e B) – Pá

- **Cubo:** Está ligado ao rotor do mastro, figura 4. É uma peça única, oca e forjada em alumínio. Ela foi projetada em ângulo com a finalidade de reduzir a carga de entortamento. O cubo do rotor de cauda possui, basicamente, a mesma função do cubo do rotor principal. É nele que as pás do rotor de cauda são conectadas. No cubo do rotor de cauda, a mudança de passo é feita através da torção de uma longarina de grafite.

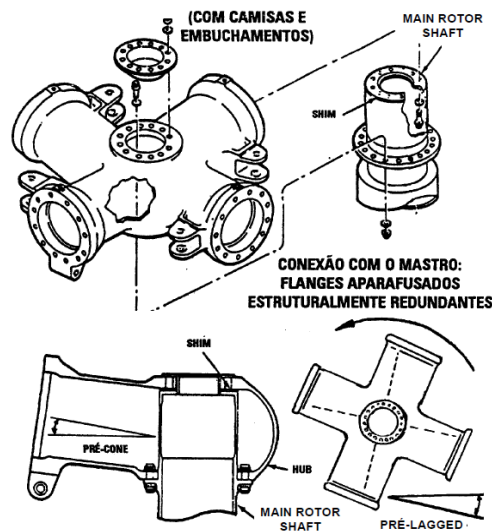


Figura 4 (A e B) – Cubo

- **Punho ou garra:** Ligam as pás ao cubo.
- **Pinos e parafusos de fixação:** Fixam as pás ao punho.

- Braço de arrasto: É instalado entre o bordo de fuga da pá e o punho, o braço impede o movimento de avanço e recuo. Nos rotores articulados é usado um amortecedor de arrasto, permitindo um progressivo movimento de avanço e recuo.
- Limitadores de queda (drop stop): Controla o batimento da pá, os batimentos podem ser de dois tipos, estático ou dinâmico. No estático, é instalado entre o munhão e o anel universal, entrando em função quando houver algum problema com o dinâmico. No dinâmico, é composto por cabos de aço que ligam o anel universal à barra estabilizadora. Existem quatro drop stops. Eles estão montados na cabeça do rotor principal, um em cada pá. Cada drop stop consiste de uma base metálica, pinos, peso e molas, cuja função é, quando a pá do rotor principal estiver em inércia ou com rotação abaixo de 55 % por cento de RPM, fazer com que ela não fique forçando os spindle, formando um batente. Quando a rotação do rotor principal estiver acima de 55%, através da força centrífuga. Estes pesos liberam a pá do rotor principal para que possam ter movimento de batimento.
- Contra peso da pá: É instalado perto da linha do bordo de fuga, sua finalidade é estabilizar o ângulo de ataque coletivo das pás, anulando a tendência do coletivo subir ou descer, figura 5.

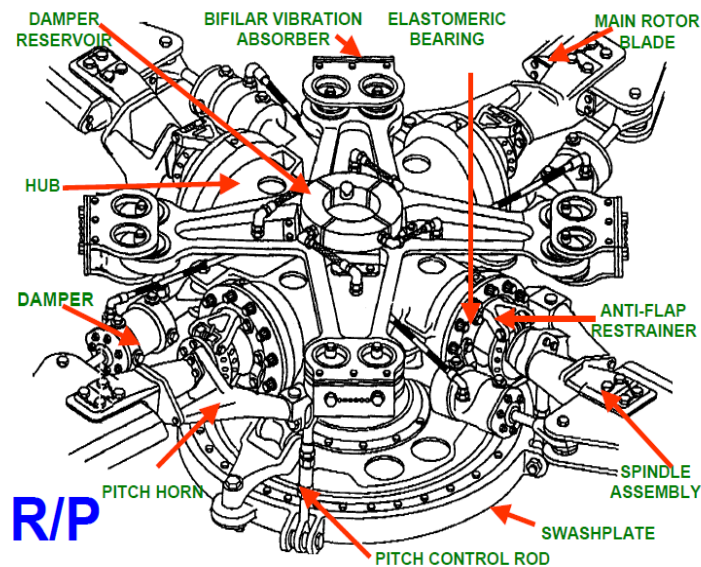


Figura 5 – Conta peso, unidade misturadora, haste de comando, tesoura.

- Mastro: É um eixo instalado na vertical que recebe movimento giratório da transmissão principal, levando ao rotor principal. É o eixo de acionamento do motor.
- Barra estabilizadora: É um dos sistemas de estabilização do helicóptero, tendo como função atenuar o efeito pendular, criando um novo plano de rotação, que tende a manter-se sempre na horizontal, figura 6. Está instalada no mastro do rotor principal, logo abaixo deste, ficando defasada em 90° com as pás e gira com a mesma velocidade das mesmas.

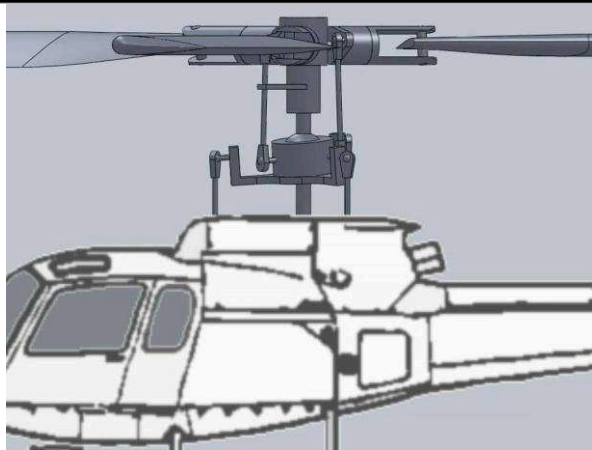


Figura 6 – Barra estabilizadora.

- Unidade misturadora (swash-plate) ou conjunto de estrelas, pratos, platô e disco: Estas unidades estão instaladas no mastro do rotor principal, próximo a sua base, sua finalidade é levar os movimentos do cíclico e coletivo, através de hastes, para as pás do rotor principal. Sendo inclinada por uma ação do cíclico e subindo ou descendo por uma ação do coletivo. É composto basicamente por uma estrela estacionária, que recebe os movimentos do cíclico e do coletivo e uma rotativa, que gira com o rotor principal, transmitindo os movimentos para as pás.
- Hastes de comando (pitch links): Leva os comandos da unidade misturadora até os chifres do rotor principal.
- Chifres de mudança de passo (pitch horn): Recebe o movimento das hastes, transmitindo para as pás. Tendo, também, a função de adiantar os comandos, anulando a precessão giroscópica.
- Tesoura: Liga à estrela rotativa a haste de comando, passando por uma fixação ao mastro, tendo como função, limitar o movimento do conjunto, alinhando-o à sua posição original, estabilizando o sistema da swash plate (SILVA, 2006).

Quando alguma componente do rotor principal apresenta defeito, as Diretrizes de Aeronavegabilidade devem ser aplicadas, pois ela apresenta itens de manutenção de cumprimento obrigatório, o cumprimento desta norma garante que a aeronave voe em segurança, mesmo após o período de certificação. As Diretrizes de Aeronavegabilidade são emitidas pela autoridade aeronáutica e geralmente são utilizadas para corrigir erros de projetos, fadiga ou corrosão do material ou para corrigir problemas que se apresentem ao longo do tempo de vida do helicóptero ou suas componentes (RBHA, 39).

As pás do rotor principal, apesar de serem componentes altamente importantes não possuem Tempo Limite de Vida (TLV). Elas passam por inspeções visuais a cada 25 horas de voo e, após cada 300 horas de voo, passam por uma inspeção mais detalhada (RBHA 21, Seção 21.303).

O conjunto da cabeça do rotor principal possui inspeção a cada 50 horas de voo. Nesse conjunto, alguns componentes possuem limite de vida de 10.000 horas de voo, ou seja, após 10.000 mil horas de voo o componente deve ser descartado. Esses itens também passam por Revisão Geral a cada 2.500 horas de voo (RBHA 01, Seção 01.43).

Para o rotor principal, existem várias ADs americanas, cujo o nome é Main rotor blade (pás do rotor principal). Essa diretriz previne falhas das pás do rotor principal, que podem acarretar a perda

do controle da aeronave, por motivo de descargas elétricas. As descargas elétricas são muito prejudiciais às pás do rotor principal (RBHA, 39).

4. Corrosão

A corrosão é uma tendência natural para metais, de regressarem aos seus sais e óxidos originais, figura 7. A velocidade à qual a corrosão progride depende de vários fatores, tais como, o ambiente de operação, a escolha das ligas utilizadas na fabricação, os sistemas de pintura e de primers utilizados, e as medidas de manutenção preventiva tomada pelo operador para retardar o processo de corrosão (RAMANATHAN, 1969).



Figura 7 (A e B) – Corrosão nos componentes do helicóptero.

Pode-se definir corrosão como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos. A deterioração causada pela interação físico-química entre o material e o seu meio operacional representa alterações prejudiciais indesejáveis, sofridas pelo material, tais como desgaste, variações químicas, descontinuidades ou modificações estruturais, tornando-o inadequado para o uso (GENTIL, 1996).

Quando uma aeronave passa pelo período de inspeção e manutenção, e o profissional suspeita de haver corrosão em determinada componente do rotor, técnicas de END - ensaios não destrutivos podem ser utilizados para confirmar ou descartar o diagnóstico (FERREIRA, 2008).

A corrosão na superfície da pá do rotor principal, de início pode parecer inocente, mas se não for tratada pode avançar para uma corrosão intergranular. É como se esses cupins de metal destruíssem completamente uma pá (GENTIL, 1996).



(A)



(B)



(C)

Figura 8 (A-C) - Corrosão nos componentes do helicóptero.

Ensaio de ultrassom são aplicados em pás do rotor principal de helicópteros, fabricadas em materiais compostos e com alma de titânio. A técnica de ultrassom é usada para a detecção de danos não visíveis facilitando o reparo (FERREIRA, 2008).

Algumas pás usam peças de metal. Estas partes, se expostas, podem sofrer corrosão e causar inchaço interno dentro da estrutura da pá. Quanto mais cedo detectar algum tipo de corrosão mais fácil será tratar o problema. O efeito da corrosão sobre a pá do rotor principal se não tratada pode causar defeitos, são fissuras e descontinuidades que podem causar danos estruturais ou falha na pá. Quando realizar a inspeção, prestar especial atenção a todas as rachaduras descobertas, independentemente de quão pequenas elas parecem (RBHA, 39).

A rotina de inspeção das pás do rotor inclui passar a mão ao longo de todo bordo de ataque para sentir se há rachaduras ou outros defeitos. Caso o defeito causado pela corrosão não seja visível, exames de ultrassom são indicados para entender e solucionar o problema (RBHA, 01).

No Brasil, a Instrução de Aviação Civil (IAC) tem como objetivo definir uma padronização a ser adotada pelas empresas do mercado aeronáutico na execução de ensaios não destrutivos na manutenção de aeronaves civis brasileiras e seus componentes. Essa padronização inclui os critérios para formação de pessoal e normalização dos tipos de ensaios (FERREIRA, 2008).

5. Ensaios não destrutivos - Ultrassom

O ensaio de ultrassom (figura 9) é uma técnica de ensaio não destrutivo baseado em ondas de ultrassom para detecção interna de defeitos em materiais ou para a medição de espessura de paredes permitindo a detecção de corrosão ou outro tipo de falha (LEITE, 1988).



Figura 9 – Aparelho de ultrassom da marca Olympus.

No ensaio de ultrassom, uma onda de som ultrassônica pulso-ecoante é enviada através do material. Esta onda será interrompida e então parcialmente devolvida, de pontos com imperfeição interna ou da parte posterior da parede do material, em seguida captura e analisar o retorno do som junto aos critérios de aceitação que definem se os resultados obtidos são aceitáveis ou não (FERREIRA, 2008).

Existem muitas aplicações de ensaio de ultrassom tais como soldas, laminados, forjados, fundidos, ferrosos e não ferrosos, ligas metálicas, vidro, borracha, materiais compostos, tudo permite ser analisado por ultrassom. As indústrias de transporte, aéreo e aeroespacial também utilizam o ultrassom (LEITE, 1988).

Segundo Andreucci (2002) ensaio não destrutivo (END) é uma ferramenta essencial com a qual os "especialistas em segurança" devem estar familiarizados para que possam, preventivamente, diagnosticar as causas das falhas e a deterioração dos componentes ou da estrutura aeronáutica.

Quando fenômenos corrosivos como: pites ou alvéolos são localizados, a morfologia, dimensões e profundidade dos mesmos são apresentadas na tela do monitor acoplado ao sistema do aparelho. Desta forma além da espessura remanescente da região sob avaliação, imagens gráficas (fotografias) das regiões de maior interesse poderão ser geradas através de um vídeo printer acoplado ao sistema do aparelho (LEITE, 1988).

O ultrassom é um tipo de onda acústica situada na faixa de 0,5 MHz a 25 MHz. O pulso ultrassônico é gerado e transmitido através de um transdutor especial, encostado ou acoplado ao material.

Eles são refletidos por uma descontinuidade ou pela superfície oposta da peça, são captados pelo transdutor, convertidos em sinais eletrônicos e mostrados na tela LCD ou em um tubo de raios catódicos (TRC) do aparelho. As dimensões reais de um defeito interno podem ser estimadas com uma razoável precisão, fornecendo meios para que a peça ou componente em questão possa ser aceito ou rejeitado, baseando-se em critérios de aceitação da norma aplicável. Utiliza-se ultrassom também para medir espessura e determinar corrosão com extrema facilidade e precisão (ANDREUCCI, 2002).

- OS elementos de uma onda são:
- Crista: Eles são os pontos mais altos da onda (A, C, E, G).
- Vales: são os pontos mais baixos da onda (B, D, F).
- Comprimento: é a distância de uma crista à outra.
- Amplitude: é a altura da crista, medida a partir da superfície calma da lagoa (linha de repouso).
- Frequência: é o número de ciclos pela unidade de tempo.
- Ciclo: movimento completo de um ponto qualquer da onda, saindo de sua posição original e voltando a ela.
- Velocidade de propagação: a velocidade de propagação de uma onda em função do meio que ela percorre. Para diferentes materiais temos diferentes velocidades de propagação.
- A velocidade do som no ar é de aproximadamente 330 metros por segundo, no caso de um sólido ou de um líquido, esta velocidade é bem maior, pois sua estrutura é mais compacta, o que facilita a propagação. (LEITE, 1988).

Na aeronáutica o ensaio de ultrassom segue a Norma: SAE-AMS-STD-2154 ela determina como o profissional deve proceder diante do uso de ressonância, reverberação, ondas superficiais, pulso-eco, placa refletora, shadow, transmissão por Contato, imersão, coluna d'água e Jato d'água. Ela também descreve como deve ser realizado os ensaios em peças e componentes fabricados em materiais compostos, metais colados, ensaio em estruturas metálicas e sanduíche (metal ou material composto). Ensaio em cilindros de retração de trem-de-pouso, cilindros de gás, peças fundidas, forjadas, laminadas, soldas, entre outras. Ensaio em estruturas aeronáuticas fabricadas em alumínio e magnésio.

Segundo LEITE (1988) A velocidade de propagação das ondas sonoras em alguns materiais é considerada segundo a velocidade de propagação do som, material/velocidade (m/s), onda longitudinal e onda transversal.

- Ar 330
- Alumínio 6300 3100 dB;
- Cobre 4700 2300 dB;
- Aço 5900 3200 dB
- Aço inoxidável 5800 3100 dB;
- Nylon 2600 10 dB;
- Óleo (SAE30) 1700 dB;
- Água 1480 dB;
- Titânio 6100 3100 dB;
- Níquel 5900 3000 dB;
- Magnésio 5800 3000 dB;
- Acrílico 2700 10 dB;
- Ferro Fundido 3500 a 5600 20 a 3200 dB.

6. Metodologia

O equipamento usado para executar o ensaio por ultrassom é chamado de transdutor. Quando posto em contato com a peça, ele mede a intensidade do sinal elétrico de retorno recebido, tempo transcorrido entre a emissão do pulso e o retorno do eco (ANDREUCCI, 2002)

Outro equipamento que ajuda na medida no ensaio por ultrassom é o osciloscópio, figura 10. Nele capta os sinais elétricos recebidos do transdutor são transformados eletronicamente no aparelho e mostrados numa tela LCD, assim o técnico em ultrassom conseguira interpretar os resultados (LEITE, 1988).

O osciloscópio possui uma fonte emissora de sinais elétricos, para gerar o ultrassom através dos transdutores. Na prática ocorre uma comparação de alturas e distâncias entre os pulsos na tela e os outros conhecidos dessa forma é possível ajustar previamente a calibração do equipamento. (ANDREUCCI, 2002)

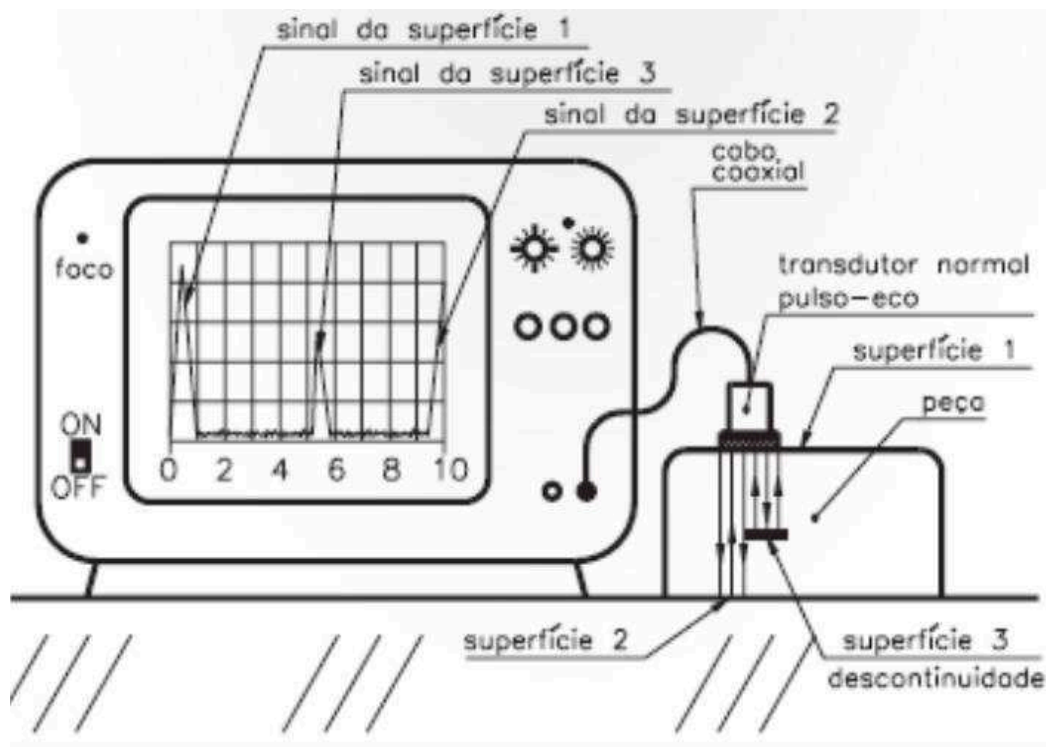


Figura 10 – Localização das descontinuidade na técnica de ultrassom.

O procedimento para o acerto da escala consiste em ajustar as 10 divisões horizontais da tela, a partir de um padrão do mesmo tipo de material a ser ensaiado. A calibração visa a conformidade com os critérios de aceitação pré-estabelecidos pelo setor de engenharia. O ajuste da sensibilidade de resposta do aparelho ajuda a detectar as descontinuidades pré estabelecidas como defeitos. O sinal de retorno é atenuado dependendo da distância da descontinuidade à superfície. Nessa etapa é só calibrar a curva sobre a tela do aparelho e inspecionar a componente aeronáutica em questão localizando as descontinuidades (LEITE, 1988).

Para finalizar movimenta-se o transdutor sobre toda a superfície a ser ensaiada, esse movimento deve ser feito pelo menos em duas superfícies da peça, pois dependendo da posição da descontinuidade o sinal pode ser maior ou menor. Qualquer pulso que apareça fora da especificação técnica na tela, será interpretado como defeito ou descontinuidades pelo operador (ANDREUCCI, 2002)

7. Conclusão

O método ultrassônico possui alta sensibilidade e consegue detectar pequenas descontinuidades internas de pás, cubos e outros componentes do rotor. Trincas devido à vibração, erosão, fissuras e outros de difícil detecção são fáceis de detectar usando o aparelho.

O uso do ultrassom, dispensa processos intermediários, agilizando a inspeção. Ao encontrar pequenas descontinuidades o exame de ultrassom capta fatores intrínsecos, enquanto que outros exames não definem tais fatores. Ou seja, a técnica de ultrassom é eficaz e traz bons resultados para encontrar corrosão nas pás e outros componentes.

8. Referências

- ABENDI. Associação Brasileira de Ensaios não Destrutivos e Inspeção. ABENDI N°24. Fev 2008. NOS 58 desenvolve norma para o setor aeronáutico.
- ANDREUCCI, R. Ensaios por Ultrassom – Aspectos Básicos. São Paulo: ABENDI, 2002.
- FERREIRA, R. C. R. Influência do Fator Humano em Ensaios Não Destrutivos por Correntes Parasitas na Manutenção de Estruturas aeronáuticas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá. 2008.
- GENTIL VICENTE. Corrosão. 3ª edição. 1996.
- JOFFLY, KLEBER. Aerodinâmica do Helicóptero. 1ª edição. 2000.
- LEITE, G.PAULA. Ensaios Não Destrutivos. 1988.
- RAMANATHAN, V. LALGUDI. Corrosão e Seu Controle.1969.
- RBHA 01. Definição, Regras de Redação e Unidades e Medida
<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha.asp>
- RBHA 21. Procedimentos para Homologação de Produtos e Partes.
<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha.asp>
- RBHA 39. Diretrizes de Aeronavegabilidade Aplicáveis A Aeronaves, Motores, Hélices e Dispositivos. <http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha.asp>
- RBHA 43. Manutenção, Manutenção Preventiva, Recondicionamento, Modificações e Reparos.
<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbha.asp>
- RODRIGUES S. PAULO. Helicóptero - Conhecimentos Técnicos contém as noções fundamentais de todo o funcionamento de um helicóptero 3ª edição. 2010.

VAN VLACCK H. LAWRENCE. Princípios de Ciências e Tecnologia dos Materiais. 4ª edição. 1964.

9. Comunicado de responsabilidade

O autor é o único responsável pelo material pesquisado.

Abstract. Helicopters are extremely versatile machines. The streamlined structure allows access to many different places, in different conditions overflight The helicopter has great advantage over the aircraft, there is ease of takeoff and landing, overflight in hard to reach places is considerably possible. To perform a wide range of work, the maintenance is performed periodically so each component throughout its structure and examined. For example, the helicopter is an aircraft rotary wings, the main rotor is the most important component of its structure. The main rotor function is to maneuver the aircraft for both curves as for the change in altitude, and producing support. In addition to the climatic conditions to which it is exposed, the main rotor and its components need to resist the centrifugal forces, vibration, abrasion and corrosion while rotating the blades and provides essential stimulus for flight control components. This paper will discuss how the ultrasound technique for non-destructive testing (NDT), is effectively facilitating the detection problem.