

Métodos de inspecção e teste de componentes aeroespaciais

Aluno: Jonas de Oliveira, nº 27333

Docente: Pedro Gamboa

U.C: Materiais de Construção aeroespacial

Engenharia Aeronáutica

Universidade da Beira Interior

15/05/2015



Parte I: NDTs (Non destructive Tests)

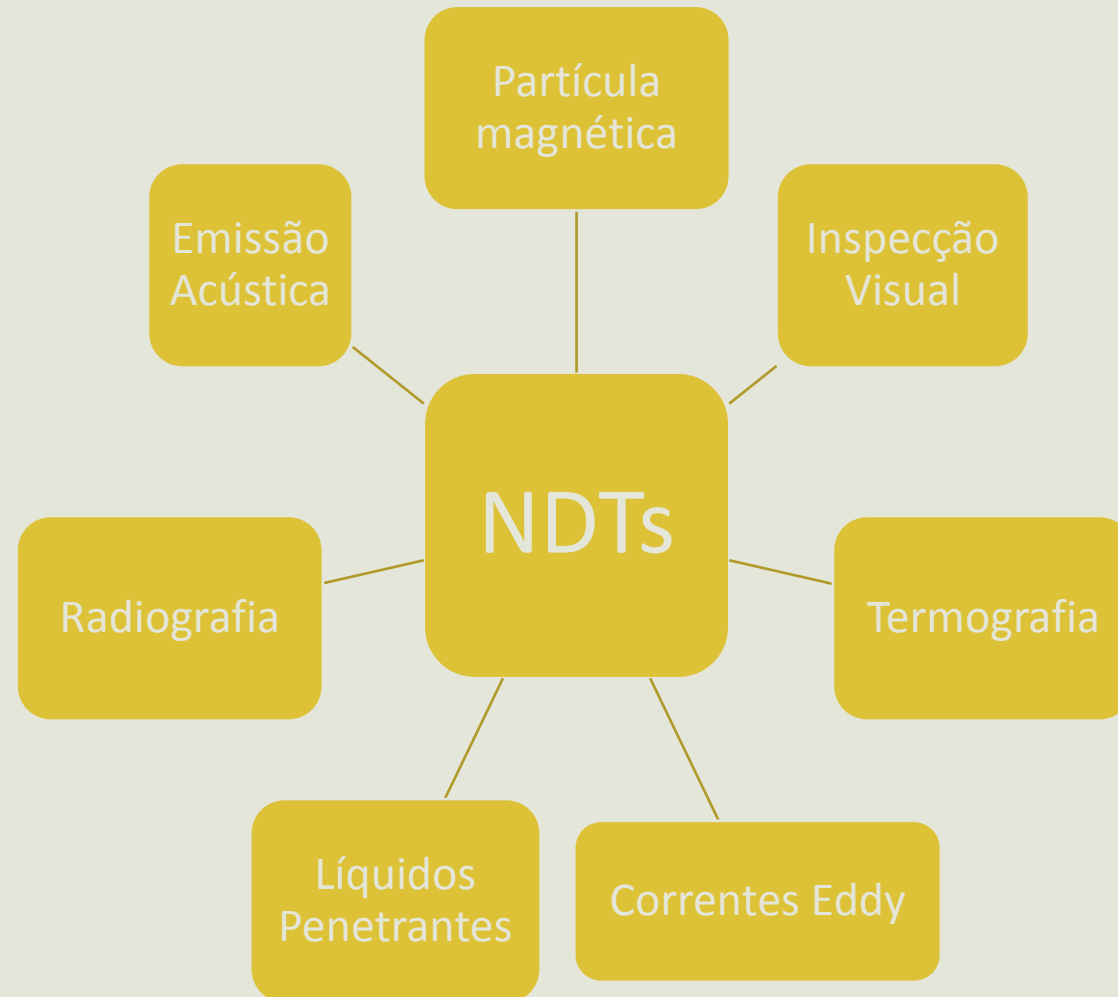
Parte I: NDTs (Non destructive Tests)

- Durante a manutenção da aeronave o teste não destrutivo, NDTs, é a forma mais económica de efectuarmos a inspecção e esta é a única forma de descobrir irregularidades na estrutura. De grosso modo, os NDT conseguem detectar fendas e outras irregularidades na estrutura da aeronave e componentes dos motores que não conseguem ser detectados a olho nu.

Parte I: NDTs (Non destructive Tests)

- Os NDTs são tipos de inspecção que não comprometem o desempenho ou a futura utilidade do objecto em estudo
- Este tipo de método tem como objectivo medir, identificar, localizar e analisar:
 - a) Defeitos
 - b) Imperfeições
 - c) Materiais
 - d) Propriedades geométricas

Parte I: NDTs – Métodos inerentes aos NDTs



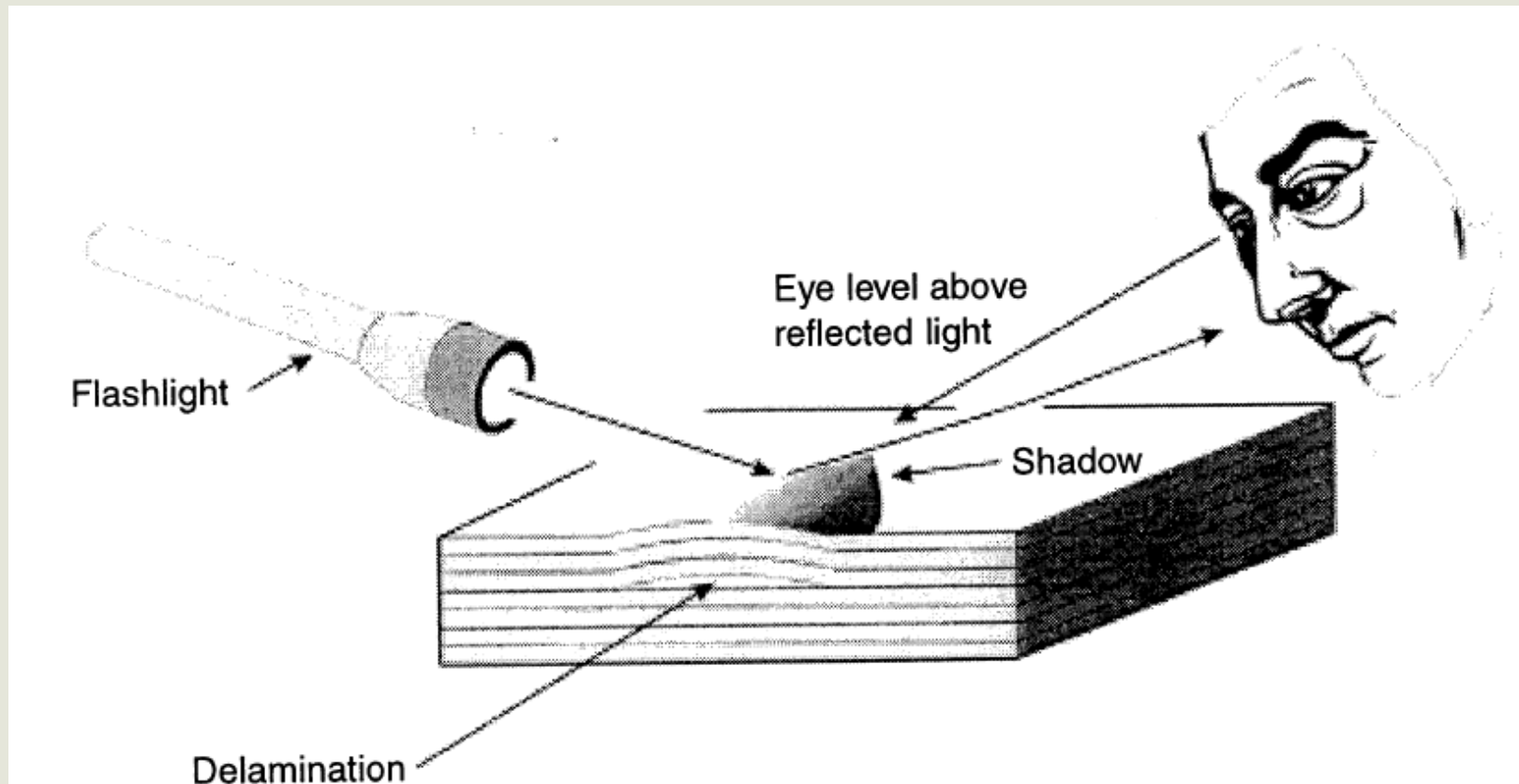
Parte I: NDTs – Inspeção Visual

- A inspeção Visual é o primeiro e mais óbvio método de inspeção e de avaliação de danos. As aeronaves são projectadas de forma que as falhas que sejam muito pequenas para serem visualizadas não sejam catastróficas.
- Para materiais compósitos, o tamanho mínimo que poderá ser encontrado de uma fenda numa inspeção visual foi verificado experimentalmente. A probabilidade dos inspectores detectarem esta falha foi de 95%. Esta experiência transmitiu a confiança de que qualquer dano significativo fosse detectado.
- A inspeção visual é provavelmente a técnica de inspeção não destrutiva mais utilizada. É simples, tem uma aplicação fácil, é rapidamente levada a cabo e normalmente tem um custo reduzido. O Princípio básico desta inspeção é iluminar o objeto em estudo e examinar este a olho nu.

Parte I: NDTs – Inspeção Visual

- Assim os instrumentos que poderão ser utilizados para auxiliar uma inspeção visual são os seguintes:
 - I. Lupa
 - II. Espelho
 - III. Microscópio
 - IV. Boroscópio
 - V. Vídeo *imagescape*

Parte I: NDTs – Inspeção Visual



Parte I: NDTs – Inspeção Visual

- **Aplicações:** Detecção de defeitos na superfície ou danos estruturais em todos os materiais. Instrumentos ópticos são utilizados para inspecções visuais no interior da fuselagem e para buracos fundos na estrutura da aeronave. São bastante utilizados para monitorizar os componentes dos motores como por exemplo as câmaras de combustão sem ter que abrir o motor.

Parte I: NDTs (Non destructive Tests)

Vantagens da inspecção visual:

- Nenhum equipamento caro é requerido
- A maior parte do dano que pode gerar preocupação consegue ser detectada visualmente

Desvantagens da inspecção visual:

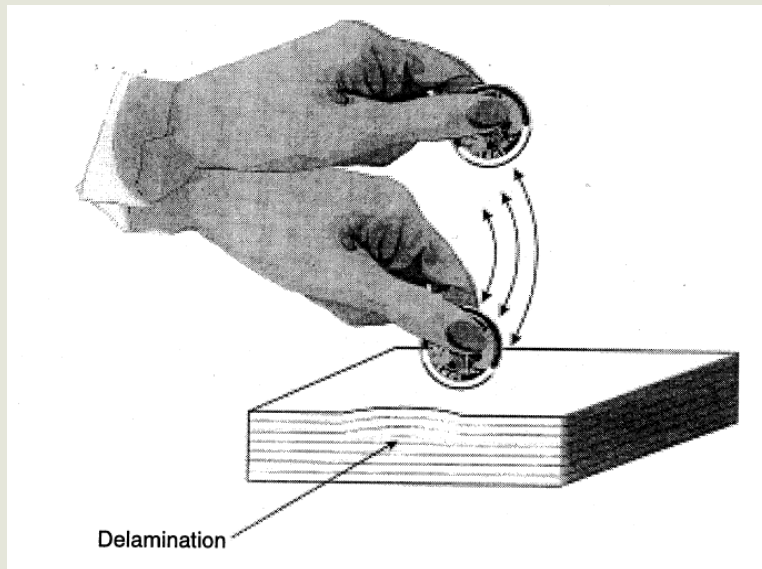
- Grandes áreas levam muito tempo a serem inspeccionadas.
- Os Inspectores têm alguma dificuldade a manterem a concentração em áreas grandes.
- Os materiais compósitos podem ter muito dano que não consegue ser detectado visualmente (NVD). Este facto é bastante importante na delaminação destes materiais. A falha em materiais compósitos é geralmente na compressão assim pretende-se evitar qualquer dano que possa comprometer a sua resistência à compressão.

Parte I: NDTs – *Tap Test*

- Um *tap test* é um tipo de inspecção que requer apenas uma moeda ou então uma porca com aproximadamente 25 mm de diâmetro e 2.5 mm de expressura. Tal como acontece com uma inspecção visual, as NDTs não ficam mais barato do que isto.
- Este método pode também ser descrito como áudio-sónico pois opera na faixa de audição normal humana ao contrário do que acontece nos métodos ultrassónicos que irão ser descritos posteriormente nesta apresentação.
- O *tap test* é comumente utilizado pois na sua forma mais barata é fácil de se utilizar e está ao alcance de todos. Todo o que é requerido é tocar suavemente na superfície que se quer inspecionar com a moeda. As áreas que emitirem um som claro e de mais alta frequência são as áreas que estão em boas condições enquanto que as áreas que emitirem um som menos claro e de mais baixa frequência são áreas que já apresentam dano/imperfeições nas suas ligações.

Parte I: NDTs – *Tap* Test

- Ao tocar em intervalos de 6 mm a área de dano pode ser identificada correctamente pois consegue-se identificar as zonas onde a variação do som varia consoante a localização do defeito



Parte I: NDTs – *Tap* Test

- **Aplicações:** Este método é considerado um dos mais úteis para detectar imperfeições nas ligações em painéis com estrutura do tipo favo de mel. Também pode ser aplicado a sólidos laminados se as primeiras camadas forem delaminadas.

Parte I: NDTs – *Tap Test*

Vantagens do *Tap Test*:

- Para a versão simples, nenhum equipamento caro é requerido.
- Um *tap test* proporciona um bom método de inspecção inicial para verificar a extensão do dano.
- A *Boeing* indica que todo o dano provocado por calor e relâmpagos foram facilmente detectados a uma distância considerável do seu centro de dano.

Desvantagens do *Tap Test*:

- Não é prático inspeccionar áreas de grandes dimensões com este método pois é difícil o inspector manter a concentração.
- Quanto maior for a expressura do painel, menos é a eficácia deste método.
- Um *tap test* é muito subjectivo.
- Um *tap test* não consegue detectar falhas pequenas (e.g., pequenas entradas de humidade)
- Não é efectivo para superfícies metálicas muito espessas e só consegue detectar delaminação nas primeiras camadas.
- Um *tap test* não pode ser utilizado em superfícies que contenham revestimentos protectores.

Parte I: NDTs – Inspeção Ultrassônica

- O som com uma frequência superior ao limite da audibilidade humana é denominada de ultrassônica cuja sua frequência varia entre 0.2 MHz e 800 MHz. A inspeção ultrassônica é o estudo de materiais ou estruturas com recurso a ondas ultrassônicas
- Opera segundo o princípio 'transmitido' e 'reflectido' da onda sonora. Na reflexão pretende-se medir a atenuação do sinal. O som tem uma velocidade constante numa dada substância, assim uma variação na impedância acústica do material altera a velocidade do som nesse ponto causando um eco. A distância da impedância acústica pode ser determinada se a velocidade do som do material em teste e o tempo que demorou o som a chegar e regressar da falha é conhecida.

Parte I: NDTs – Inspeção Ultrassónica

- A inspeção ultrassónica fornece um método sensível de NDTs na maior parte dos materiais metálicos, não metálicos, magnéticos e não magnéticos.
- Permite detectar pequenas falhas no interior de uma superfície e é capaz de estimar a localização e tamanho desta falha. Também recorre-se a este método quando queremos medir a expressura e só temos acesso a uma superfície.
- O resultado efectivo de um teste ultrassónico é altamente dependente da condição da superfície do objecto em estudo, tamanho e direcção do grão e a sua impedância acústica.

Parte I: NDTs – Inspeção Ultrassônica

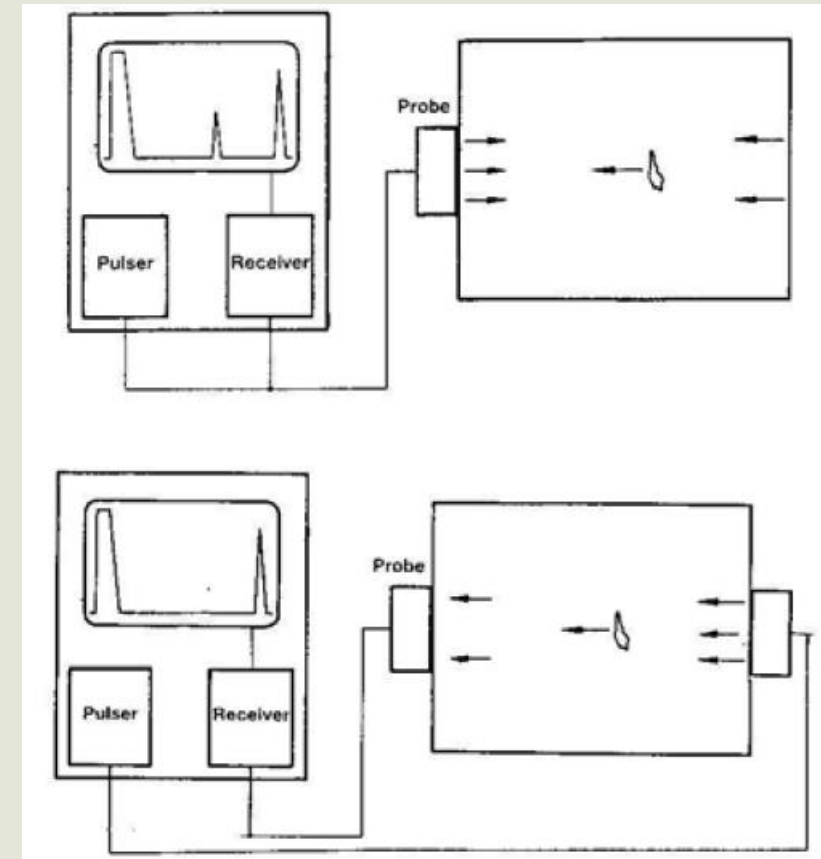
Dois modos de operação são normalmente usados:

- Modo *Pulse-echo*, usando um único transdutor
- Modo *Through-transmission*, usando dois transdutores

Em ambos os casos, os transdutores têm que ser acoplados à estrutura por meio de um sólido ou líquido devido à grande diferença de impedância entre materiais líquidos e sólidos. Nas instalações de produção, consegue-se isto através de um teste de imersão ou então no caso de componentes de maiores dimensões recorre-se a jactos de água. Quando a inspeção é feita manualmente uma fina cama de gel é aplicada na superfície para fazer de acoplador entre o transdutor e a estrutura

Parte I: NDTs – Inspeção Ultrassónica

- Na técnica *Pulse-echo* apenas a face superior até ao núcleo consegue ser inspeccionada com fiabilidade e o transdutor actua como transmissor e receptor. Por outro lado, na técnica *Through-transmission*, a parte superior e inferior conseguem ser inspeccionadas num único teste e existem dois transdutores, um transmissor e outro receptor.



Parte I: NDTs – Inspeção Ultrassónica

Vantagens do método ultrassónico:

- Pode ser usado para detectar grande parte dos defeitos que normalmente ocorre numa aeronave. Esta técnica também pode ser usada para identificar delaminação entre painéis em sandwich e numa superfície laminada.
- Pode ser utilizada para indicar a profundidade de um defeito.
- Esta técnica é flexível pois pode ser usada de uma forma portátil ou então para cobrir a inspeção de grandes áreas.
- Os resultados são conhecidos imediatamente e com uma elevada precisão.

Desvantagens do método ultrassónico:

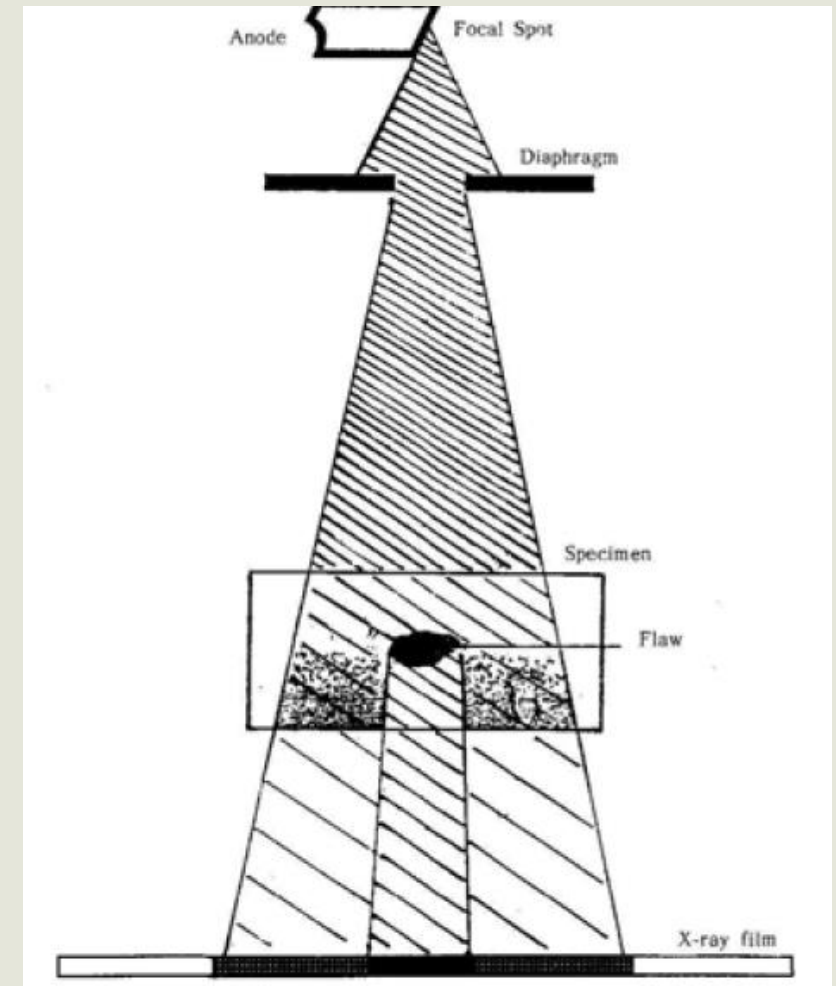
- São necessários operadores experientes.
- Os dados de calibração são necessários para cada material e respectiva expressura.
- *A técnica Through-transmission* requer acesso a ambos os lados do objecto em estudo.
- Um acoplante tem que ser usado entre o transmissor/receptor e o componente.

Parte I: NDTs – Inspeção Ultrassónica



Parte I: NDTs - Radiografia

A radiografia é dos métodos mais antigos e mais usados de NDTs. Baseia-se na absorção diferenciada da radiação penetrante na peça inspeccionada. Devido às diferenças de densidade e variações de espessura do material, ou mesmo diferenças nas características de absorção causadas por variações na composição do material, diferentes regiões de uma peça absorvem quantidades diferentes de radiação penetrante. Essa absorção diferenciada da radiação pode ser detectada por meio de um filme, de um tubo de imagem ou por detectores eletrônicos de radiação. A variação da quantidade de radiação absorvida indica a existência de uma falha interna ou descontinuidade do material.



Parte I: NDTs – Radiografia (Raio x)

- Raios X de baixa voltagem (baixa frequência e comprimento de onda grande) são geralmente utilizados em compósitos com o auxílio de técnicas de gravação com alto contraste. A inspecção por raio X pode ser considerada como um complemento da inspecção ultrassónica pois consegue fornecer informações sobre defeitos em planos perpendiculares àqueles usados na inspecção ultrassónica.
- A detecção de delaminação com recurso a radiografia é complicada pois estes tendem a ser normais ao feixe do raio-X, provocando assim pouca diferença na absorção total. Há quem diga ainda que é praticamente impossível concretizar esta inspecção com radiografia convencional.
- Raios X de baixa voltagem (baixa frequência e comprimento de onda grande) são geralmente utilizados em compósitos com o auxílio de técnicas de gravação com alto contraste. A inspecção por raio X pode ser considerada como um complemento da inspecção ultrassónica pois consegue fornecer informações sobre defeitos em planos perpendiculares àqueles usados na inspecção ultrassónica.

Parte I: NDTs – Radiografia (Raio x)

▪ Aplicações:

Considerando a capacidade de penetração e absorção dos raios X, a radiografia é usada para inspeccionar uma variedade de materiais:

Não metálicos: porosidade, aprisionamento de água, núcleo esmagado;

Metálicos: soldas, fundições, forjamentos, localização de fendas, corrosão, destroços, inclusões, e variações de expressura.

Parte I: NDTs - Radiografia (raio X)

Vantagens da inspecção por raio X:

- Inspeção com raios x pode ser usada para detectar fendas transversas, inclusões e danos interiores de uma estrutura em favo de mel.
- Elimina muitas necessidades de desmantelamento, em particular para estruturas de aeronaves.
- Este método tem uma elevada sensibilidade e fornece um registo permanente da inspecção no filme uma vez que no filme permanecem todas as evidências da inspecção de maneira objectiva e incontestável, enquanto que outros ensaios são avaliados de modo subjectivo pelo inspector.
- A técnica raio X pode ser usada para medir a fracção de volume da fibra (V_f) e o alinhamento desta quando as características do material assim o permitem.
- Quando usado com um penetrante opaco de rádio e um sistema de fibra opaco de rádio, pode fornecer um quadro preciso dos danos numa estrutura complexa.

Parte I: NDTs – Radiografia (raio X)

Desvantagens da inspecção por raio X:

- Uma considerável protecção de segurança é requerido quando esta técnica é usada devido ao excesso de radiação que é prejudicial ao ser humano. Toda a área onde está ser feita a inspecção tem que ser evacuada.
- São necessários operadores com experiência nesta técnica.
- Fendas orientadas num plano normal ao feixe do raio X podem não ser detectadas.
- É necessário uma fonte eléctrica.
- O equipamento não é facilmente portátil.
- A sensibilidade da inspecção diminui com o aumento da expressura

Parte I: NDTs – Radiografia (raios gamma)

Os raios gamma são as emissões da desintegração do núcleo de substâncias radioactivas. Os dois isótopos mais comuns para efectuar inspecções industriais são o Irídio-192 e o Cobalto-60. Porém, na manutenção de aeronaves durante uma radiografia-gamma o irídio-192 é o mais usado. Isótopos de Rádio-226 e Césio-137 estão disponíveis mas não costumam ser utilizados na radiografia de uma aeronave. A radiografia por raios gamma é normalmente usada para detecção de falhas interiores na estrutura da aeronave e componentes de motores que requerem um maior nível de energia e outros componentes onde o acesso é limitado.

Parte I: NDTs - Radiografia (raios gamma)

Vantagens da inspecção por raio gamma:

- Simplicidade do aparelho.
- Nenhuma fonte eléctrica é requerida.
- É vantajoso em fazer radiografias de áreas onde raios X podem não conseguir aceder.
- Compacidade das fontes reactivas.

Desvantagens da inspecção por raio gamma:

- Tal como acontece com os raios X, Uma considerável protecção de segurança é requerido quando esta técnica é usada devido ao excesso de radiação. Toda a área onde está ser feita a inspecção tem que ser evacuada.
- Operadores experientes e equipamento para processar o filme é requerido.
- Os ensaios são regulamentados por normas e para a sua execução é necessária a autorização de organismos como a defesa civil.
- Não é muito portátil

Parte I: NDTs - Radiografia



Parte I: NDTs – *Eddy Current*

Os testes *Eddy Current* são muito importantes e bastante utilizados dentro dos NDTs. Este método é particularmente importante para a detecção de fendas induzidas pelo serviço que são geralmente causadas pela fadiga ou então pela corrosão sob tensão. Esta técnica de inspecção pode ser realizada com uma mínima preparação do objecto a inspeccionar e um alto grau de sensibilidade

Os *Eddy Current* são correntes eléctricas induzidas num condutor de electricidade por reacção com a alteração do campo magnético. São circulares e orientados perpendicularmente à direcção do campo magnético aplicado. As correntes induzidas são afectadas pela condutividade eléctrica, permeabilidade magnética, geometria e homogeneidade do objecto em teste

As inspecções *Eddy Current* podem ser usadas para verificar a fracção de volume num compósito de fibra de carbono. Defeitos como inclusões e quebra de fibra também podem ser detectados. As inspecções *Eddy Current* são relativamente insensíveis à porosidade e delaminações.

Parte I: NDTs – *Eddy Current*

Vantagens da inspecção *Eddy Current*:

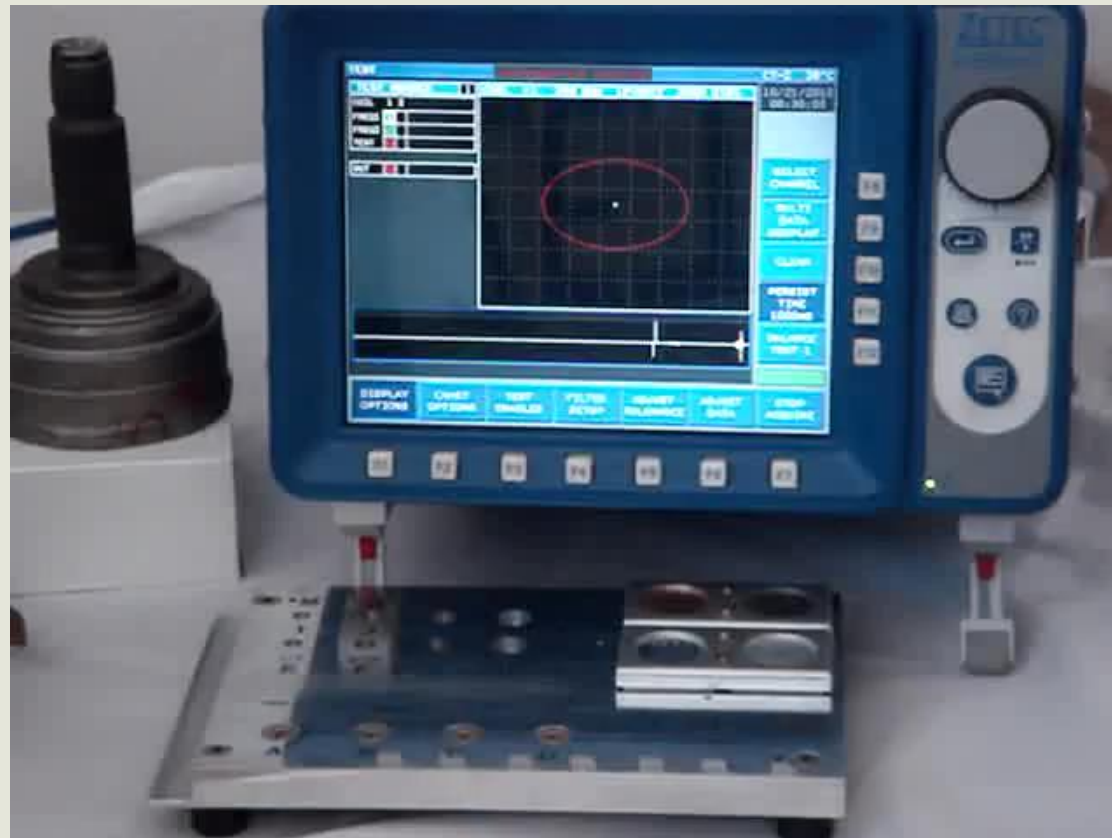
- Bastante portátil
- Pode inspeccionar através de revestimentos
- Muito rápido de se usar
- Útil para verificar a existência de fendas em furos que não conseguem ser detectados por métodos visuais ou penetrantes.

Desvantagens da inspecção *Eddy Current*:

- Bastante sensível a variações de combinações e variação no material
- Diferentes sondas são necessárias para a maior parte das aplicações

Aplicações: O teste *Eddy Current* é usado para detectar defeitos na superfície, subsuperfície e corrosão nas aeronaves. Fendas em componentes da aeronave e motor também podem ser detectados. Utiliza-se altas frequências para detectar falhas na superfície e baixas frequências para detectar falhas no interior, pois a penetração em baixas frequências é maior.

Parte I: NDTs – *Eddy Current*



Parte I: NDTs – *Termografia*

- Métodos térmicos para inspecção não destrutiva são baseados no princípio de que o fluxo de calor num dado material é alterado pela presença de alguns tipos de anomalias. Estas mudanças no fluxo de calor provocam diferenças de temperaturas locais no material. O estudo destes padrões térmicos é denominado de termografia. O termo térmico refere-se ao fenómeno físico de calor, envolvendo a movimentação de moléculas. A intensidade e frequência/comprimento de onda da radiação pode ser relacionado com o calor do radiador. Assim permite que sensores de radiação podem ser usados para nos fornecer informação acerca da condição física do objecto em estudo.

Parte I: NDTs – *Termografia*

Dois métodos de termografia são utilizados hoje em dia:

- **Passivo:** A resposta da estrutura em teste ao ser aplicado calor ou arrefecimento é monitorizada.
- **Activo:** Calor é produzido ao se aplicar uma tensão cíclica à estrutura numa máquina de fadiga ou numa vibração ressonante.

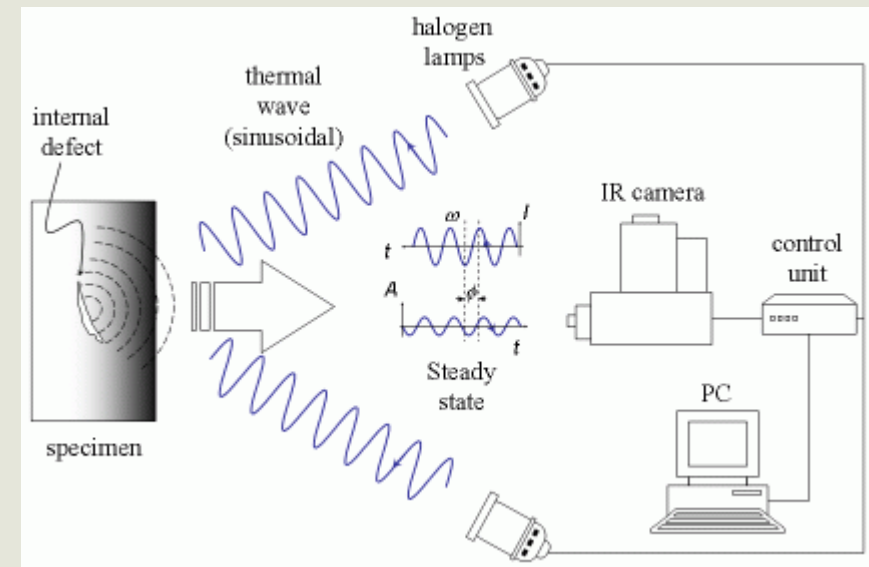
A técnica passiva tem sido mais utilizada do que a técnica activa e a sua performance depende fortemente da fonte de calor utilizada

Parte I: NDTs – *Termografia*

- Trabalhos feitos em laboratórios demonstram que o método é mais conveniente ao se usar um gravador de vídeo para se registrar a mudança rápida do padrão da temperatura após o aquecimento da superfície da estrutura. Desta forma, defeitos em materiais conductores cujo efeito na distribuição da temperatura é de curta aparição podem ser detectados. Este método pode ser usado com a fonte de calor e a câmara do mesmo lado da estrutura (técnica *Pulse-echo*) ou em lados opostos (método *through-transmission*). Este último consegue detectar defeitos a maior profundidade do que a técnica *Pulse-echo*, porém para defeitos próximos da superfície a técnica *pulse-echo* é a melhor.

Parte I: NDTs – *Termografia*

- Câmaras infravermelhas são usadas para observar como o calor se propaga em materiais à medida que o material está a ser aquecido ou arrefecido. Defeitos invisíveis que estão no interior do material inspeccionado afectam fortemente a difusão do calor. Assim, áreas defeituosas podem parecer mais frias ou mais quentes quando comparadas com as áreas não defeituosas do objecto em estudo. A diferença de temperatura causada pelos materiais não defeituosos ou materiais defeituosos é visível através de câmaras infravermelhas.



Parte I: NDTs – *Termografia*

Vantagens da termografia:

- A termografia é um método rápido para inspeccionar grandes áreas da estrutura.
- Pode ser usado para detectar deslocamentos em juntas, delaminação em compósitos e inclusões cuja condutividade difere significativamente daquele do material base. Qualquer material base vai ter um único valor de condutividade.
- A termografia é conveniente quando comparada com métodos de raios X pois outros membros técnicos não têm que abandonar as instalações quando a inspecção está a ocorrer.
- Os resultados da inspecção são apresentados como imagens de alta resolução que permite uma fácil interpretação.

Desvantagens da termografia:

- O custo do equipamento é bastante elevado e o método não é tão sensível como o método ultrassónico em detectar deslocações e delaminação.
- Interpretações hábeis e conhecimento da estrutura da aeronave são requeridos de forma a determinar quais as fontes de calor que são mesmo defeitos.
- Condições climatéricas podem prejudicar a efectividade destas inspecções.

Parte I: NDTs – *Termografia*



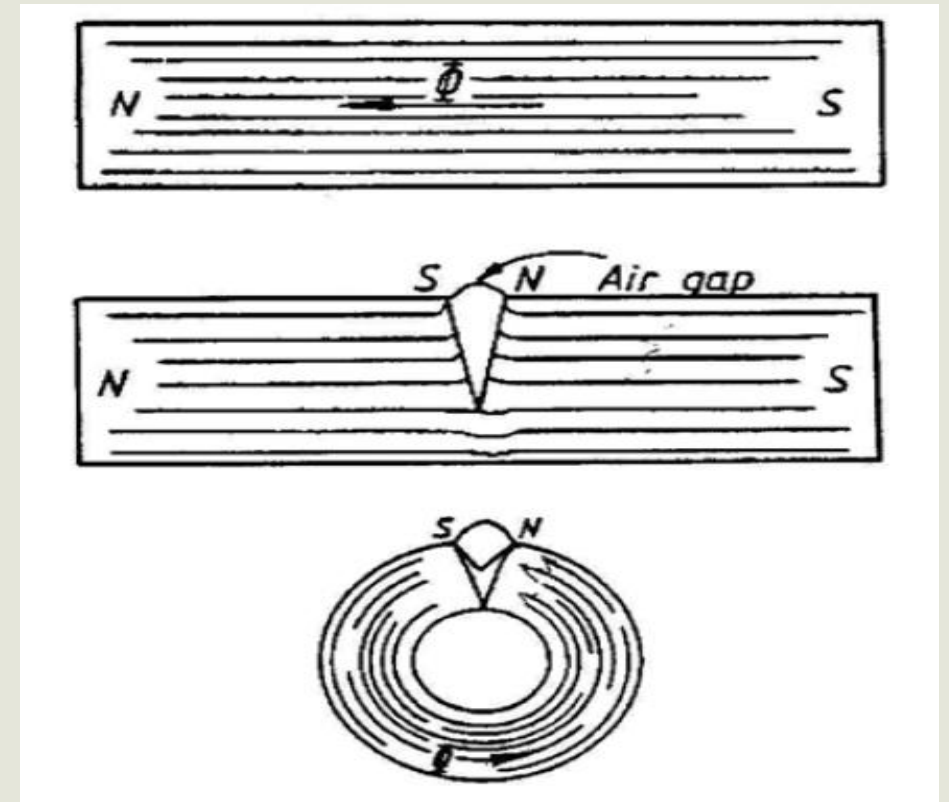
Parte I: NDTs – Partícula Magnética

- A inspecção por partículas magnéticas é um método sensível de NDTs para descontinuidades na superfície e alguma descontinuação no interior de materiais ferromagnéticos. O método de teste é baseado no princípio de que o fluxo magnético num objecto magnetizado é distorcido localmente pela presença de uma descontinuidade. Esta distorção provoca uma saída e reentrada de algum campo magnético no local da descontinuidade do objecto em estudo que por sua vez formam polos magnéticos opostos. Este fenómeno é denominado de vazamento de fluxo magnético. Este vazamento de fluxo é capaz de atrair partículas pequenas de materiais magnéticos que assim formam uma indicação de que existe uma descontinuidade.

Parte I: NDTs – Partícula Magnética

O teste da partícula magnética é constituído por três operações:

- Estabelecer um fluxo magnético adequado no objecto em estudo através da magnetização circular ou longitudinal.
- Aplicar partículas magnéticas em pó seco de um líquido em suspensão.
- Examinar visualmente o objecto em estudo com recurso a boas condições de iluminação e avaliar as indicações.



Parte I: NDTs – Partícula Magnética

Dependendo da aplicação, diferentes técnicas de magnetização são usadas na inspecção por partícula magnética que podem ser agrupadas nas duas seguintes categorias:

- Técnicas de correntes directas: Estas são técnicas em que a corrente escoa através do objecto em estudo e o campo magnético produzido por este escoamento de corrente é usado para detecção de defeitos.
- Técnicas de escoamento de fluxo magnético: Nestas técnicas, fluxo magnético é induzido no objecto em estudo usando ou um íman permanente ou escorrendo corrente através de um condutor.

Parte I: NDTs – Partícula Magnética

- **Partículas magnéticas:** As partículas magnéticas são os elementos que permitem visualizar as indicações referentes às descontinuidades. Embora o nome indique magnéticas, estas são na realidade magnetizáveis pois se forem aplicadas sobre uma peça ferromagnética na ausência de campo magnético, não haverá retenção. As partículas magnéticas podem ser encontradas na forma de pó, em pasta ou dispersa em líquido. Em todos os casos, as partículas são constituídas de um pó ferromagnético de forma, dimensões, densidades e cor adequadas ao exame. O meio pelo qual a partícula é aplicada denomina-se de via, e esta pode ser húmida ou seca

Equipamento: Equipamentos usados pela inspecção por partícula magnética incluem

1. Máquinas de fluxo magnético estacionário
2. Máquina portátil de fluxo magnético
3. Ligação electromagnética
4. Íman permanente

Parte I: NDTs – Partícula Magnética


Vantagens da partícula magnética:

- O seu princípio é muito simples
- Muito fácil de se usar
- É um método NDT portátil
- Com recurso a este método consegue-se inspeccionar geometrias complexas
- É o melhor método para a detecção de finas e pequenas fendas na superfície num material ferromagnético

Desvantagens da partícula magnética:

- É apenas aplicável a materiais ferromagnéticos
- O fluxo magnético tem que ser normal ao plano do defeito para mostrar indicações
- A orientação e a força do campo magnético é crítico. É necessário magnetizar duas vezes, uma longitudinalmente e outra circunferencialmente

Parte I: NDTs – Partícula Magnética



Nondestructive
Testing

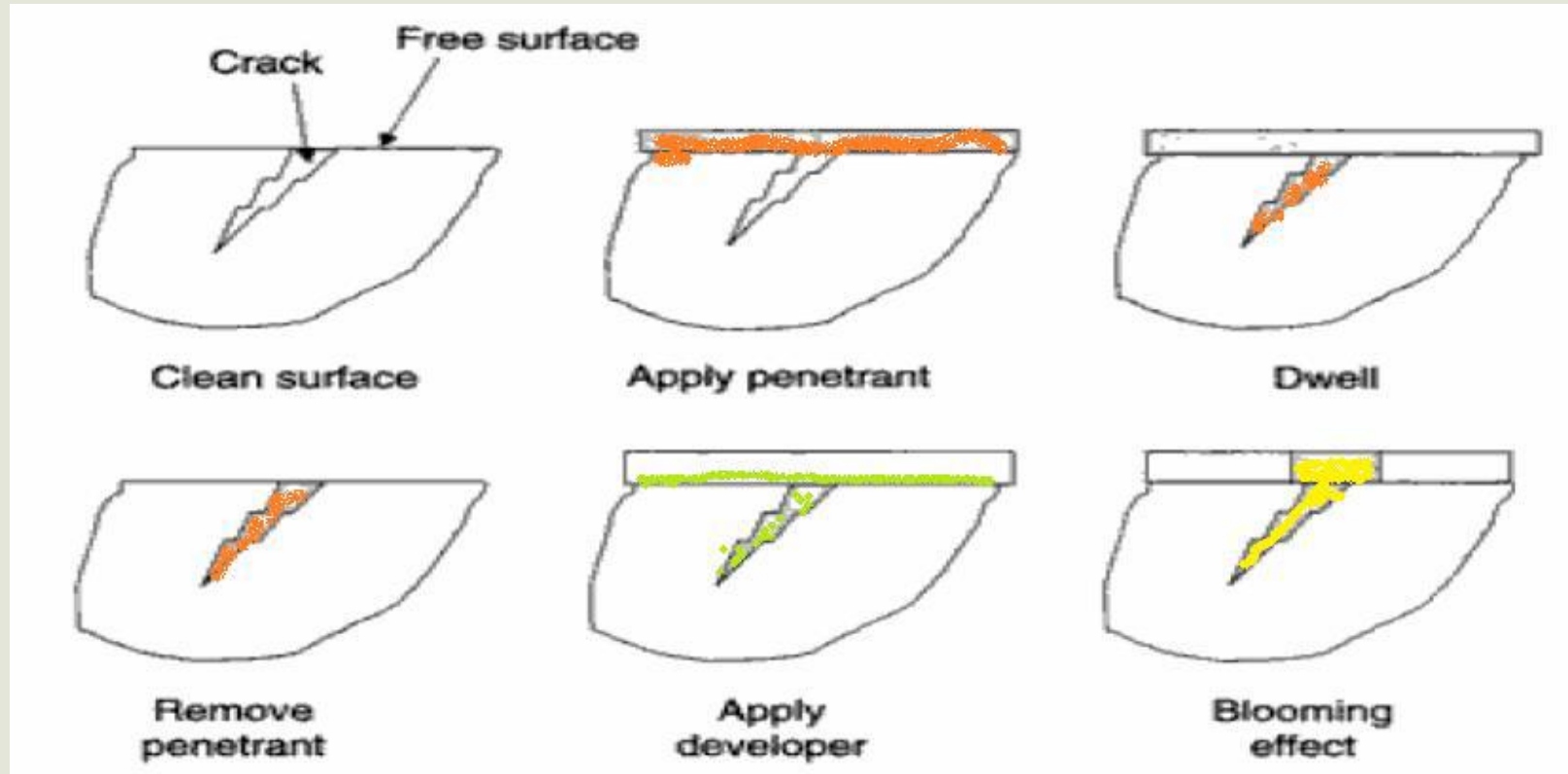
Magnetic Particle Inspection

Parte I: NDTs – Líquido Penetrante

- O ensaio por líquidos penetrantes é um método desenvolvido para a detecção de descontinuidades essencialmente superficiais, abertas na superfície do material. O método começou a ser utilizado antes da primeira guerra mundial, principalmente pela indústria ferroviária na inspeção de eixos. Nessa época, o método consistia em aplicar querosene ou óleo sobre a superfície da peça e removê-lo após várias horas. Em seguida, era aplicada uma mistura de solvente com pó de giz sobre a superfície, que ao secar absorvia de dentro das trincas o querosene ou óleo aplicado anteriormente. Evidentemente, este processo permitia apenas a observação de grandes defeitos abertos sobre a superfície da peça.

Parte I: NDTs – Líquido Penetrante

- O ensaio por líquidos penetrantes consiste em fazer penetrar na abertura da descontinuidade um líquido, após a remoção do excesso de líquido da superfície, faz-se o líquido retido sair da descontinuidade por meio de um revelador. A imagem da descontinuidade fica então desenhada sobre a superfície pois o líquido contrasta com esta. A inspeção visual constitui o passo final no processo



Parte I: NDTs – Líquido Penetrante

- O nome penetrante vem da propriedade essencial que este material deve ter, isto é, a capacidade de penetrar em aberturas finas. Um produto penetrante com boas características deve ter:
 1. Facilidade para penetrar em aberturas finas
 2. Ter facilidade em permanecer em aberturas relativamente grandes
 3. Não evaporar ou secar rapidamente
 4. Sair facilmente da superfície onde for aplicado
 5. Quando aplicado o revelador sair em pouco tempo das descontinuidades onde tinha penetrado
 6. Ter facilidade em se espalhar nas superfícies formando camadas finas
 7. Seja fluorescente ou de cor
 8. Não reagir com o material a ser testado
 9. Não ser muito tóxico
 10. Ter um baixo custo

Parte I: NDTs – Líquido Penetrante

Vantagens do líquido penetrante:

- A principal vantagem do método é a sua simplicidade
- É de fácil aplicação e de interpretação dos resultados
- Pode ser aplicado em todos os materiais sólidos que não sejam porosos ou com superfície muito rugosa
- O ensaio por líquidos penetrantes pode revelar descontinuidades extremamente finas, da ordem dos 0,001 mm de abertura
- Não há limitação para o tamanho e forma das peças a ensaiar, nem para o tipo de material

Desvantagens do líquido penetrante:

- Só detecta descontinuidades abertas para a superfície já que o penetrante precisa de entrar na superfície
- A superfície do material não pode ser porosa ou muito rugosa ou absorvente, porque nesses tipos de superfície não existe possibilidade de remover totalmente o excesso de penetrante, o que causa mascaramento de resultados.
- A aplicação do penetrante deve ser feita numa determinada faixa de temperatura. Superfícies muito frias, abaixo de 10°C, ou muito quentes, acima de 52°C, não são recomendáveis ao ensaio

Parte I: NDTs – Líquido Penetrante



Nondestructive
Testing

Dye Penetrant Inspection

Technique	Access requirements	Equipment cost	Inspection cost	Remarks
Optical methods	Can be used to view the interior of complex equipment. One point of access may be enough.	B/D	D	Very versatile; Little skill required; Repays consideration at design stage.
Radiography	Must be able to reach both sides.	A	B/C	Despite high cost, large area can be inspected at one time. Considerable skill required in interpretation.
Ultrasonics	One or both sides (or ends) must be accessible.	B	B/C	Requires point-by-point search hence extensive work needed on large structures; Skilled personnel required.
Magnetic particle	Requires a clean and reasonably smooth surface.	C	C/D	Only useful on magnetic materials such as steel; Little skill required; Only detects surface breaking or near surface cracks.
Penetrant flaw detection	Requires flaw to be accessible to the penetrant (i.e. clean and at the surface).	D	C/D	For all materials; Some skill required; Only detects surface-breaking defects; Rather messy.
Eddy current	Surface must (usually) be reasonably smooth and clean	B/C	C/D	For electrically conductive materials only; For surface breaking flaws; Variations in thickness of coatings, or comparison of materials; For other than simple comparison considerable skill is usually required.

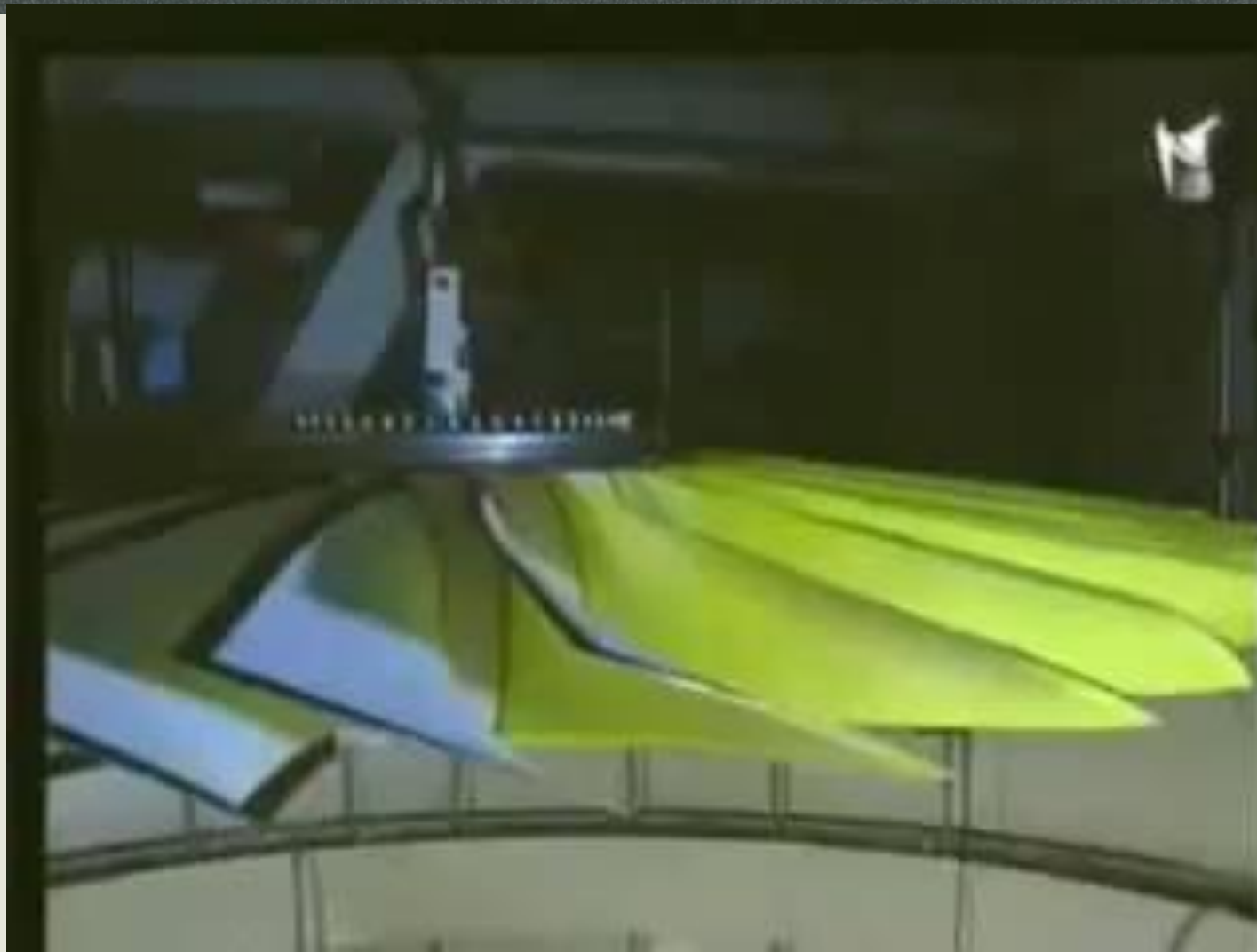


Parte II: Ensaaios Destrutivos

Parte II: Ensaio destrutivos



Parte II: Ensaaios destrutivos - *Blade-out containment test*



Parte II: Ensaaios destrutivos - Testes destrutivos de asa



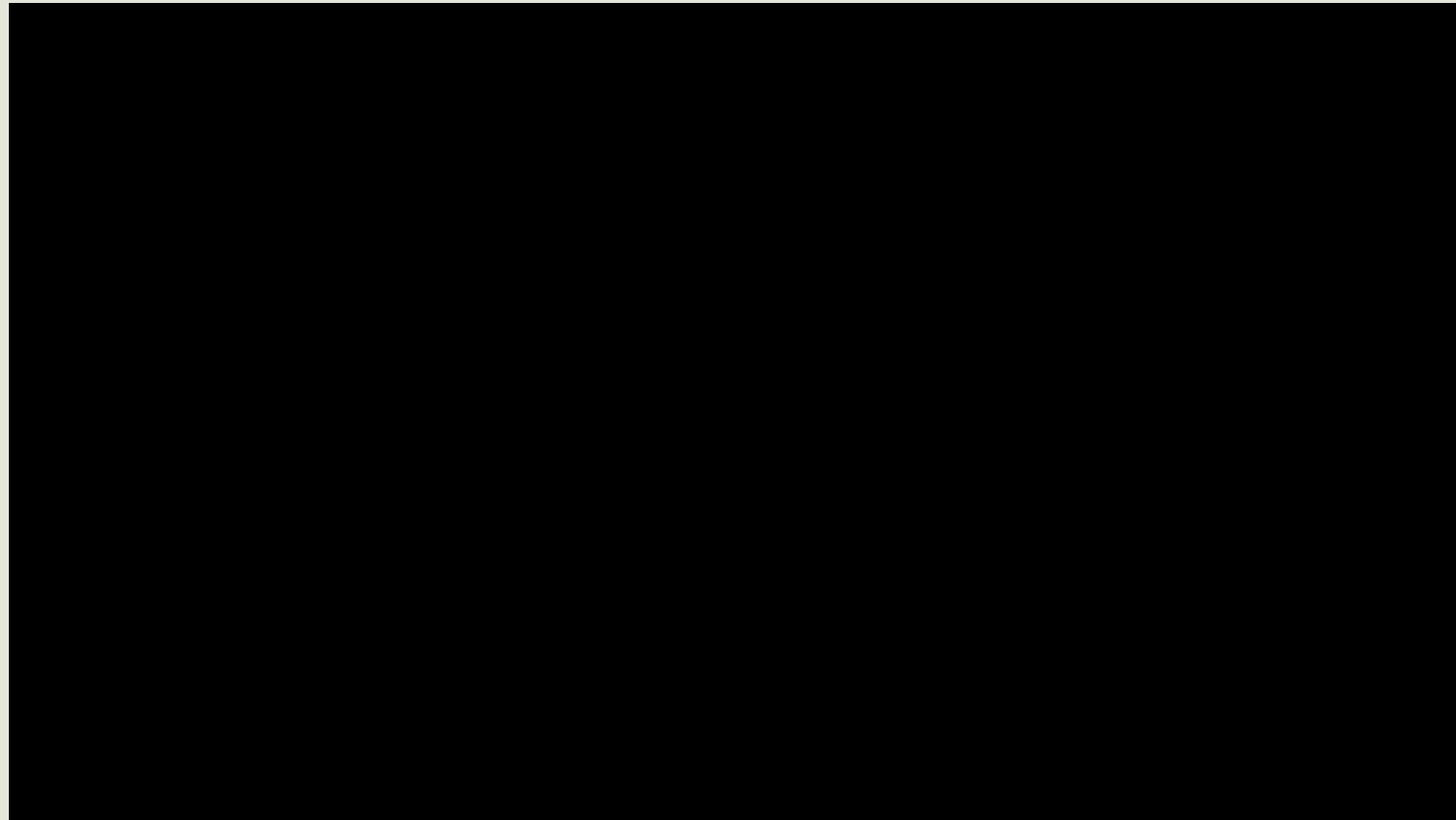
Parte II: Ensaaios destrutivos

Destructive Flutter

Parte II: Ensaios destrutivos – Teste de vibração no solo (*Ground resonance*)



Parte II: Ensaios destrutivos – Trem de aterragem



The background is a dark, textured surface resembling a chalkboard. It is covered with various white chalk-like drawings. On the left, there is a large, detailed drawing of a microscope. Above it, a globe shows the continents. To the right of the globe, there are some faint, abstract shapes. Below the microscope, there are several books stacked on top of each other. In the bottom right corner, there are mathematical symbols: a percentage sign (%), a plus sign (+), and a less-than sign (<).

Obrigado

Perguntas?