



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI 0712211-0 A2**

(22) Data de Depósito: 16/05/2007
(43) Data da Publicação: 13/03/2012
(RPI 2149)



(51) *Int.Cl.:*

G01N 25/72

G01N 21/88

G01K 7/00

G01K 1/14

H01L 27/146

(54) **Título:** DISPOSITIVO DE CONTROLE NÃO DESTRUTIVO DE UMA PEÇA POR ANÁLISE DE DISSIPACÃO DE RADIAÇÃO

(30) **Prioridade Unionista:** 24/05/2006 FR 06 51902

(73) **Titular(es):** Airbus France

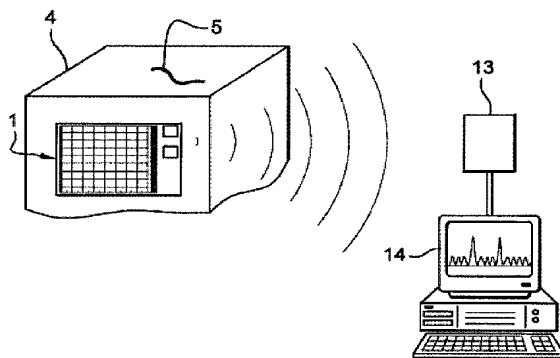
(72) **Inventor(es):** Marie-Anne de Smet

(74) **Procurador(es):** Orlando de Souza

(86) **Pedido Internacional:** PCT EP2007054762 de 16/05/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/135059de 29/11/2007

(57) **Resumo:** DISPOSITIVO DE CONTROLE NÃO DESTRUTIVO DE UMA PEÇA POR ANÁLISE DE DISSIPACÃO DE RADIAÇÃO. O objeto da invenção se refere a um dispositivo de controle não destrutivo de uma peça (4) por análise de dissipação de radiação, quando a peça é solicitada por esforços mecânicos. Esse dispositivo compreende meios de medida aptos a determinarem um campo de radiação de superfície da peça. Os meios de medida são integrados em um suporte flexível (2) destinado a vir cobrir uma zona de superfície da peça (4) a controlar. Esse dispositivo permite detectar a atração de uma fissuração, quando da concentração de esforço sobre uma superfície de uma peça e a presença de uma fissura (5), quando da propagação dessa fissura. A presente invenção encontra aplicações para o controle não destrutivo (CND) das peças de aeronave, mas pode ser utilizada em todos os setores industriais nos quais o controle da integridade das peças é importante, tais como o automóvel, o ferroviário, a construção naval ou o nuclear.



**DISPOSITIVO DE CONTROLE NÃO DESTRUTIVO DE UMA PEÇA POR
ANÁLISE DE DISSIPACÃO DE RADIAÇÃO**

A presente invenção tem por objeto um dispositivo de controle não destrutivo de uma peça por análise de dissipação de radiação, quando a peça é solicitada por esforços mecânicos. Esse dispositivo compreende meios de medida aptos a determinar um campo de radiação de superfície da peça. Os meios de medida são integrados em um suporte flexível destinado a vir cobrir uma zona da superfície da peça a ser controlada. Esse dispositivo permite detectar a atração de uma fissuração, quando da concentração de esforço sobre uma superfície de uma peça e a presença de uma fissura, quando da propagação da fissura. A presente invenção encontra aplicações para o controle não destrutivo (CND) das peças de aeronave, mas pode ser utilizada em todos os setores industriais nos quais o controle da integridade das peças trabalhadas é importante, tais como o automobilístico, o ferroviário, a construção naval ou o nuclear.

No âmbito da concepção e da qualificação, mas também da exploração e da manutenção das aeronaves, é necessário aplicar métodos de controle que permitem avaliar os esforços que sofrem as peças, e poder determinar, se estas são danificadas pelo aparecimento de trincas ou fissuras, sem danificar as peças que constituem a estrutura aeronáutica. As técnicas utilizadas são agrupadas sob a denominação de controle não destrutivo (CND). As técnicas de CND são numerosas e em constante evolução, pois os setores industriais referidos são requerentes de um aumento dos desempenhos dessas técnicas de CND. Os setores do

transporte aéreo e da engenharia civil estão sempre à busca de técnicas CND com desempenho cada vez melhor, para atender, ao mesmo tempo, os imperativos de segurança e uma política de redução dos custos.

5 A presente invenção tem assim notadamente por finalidade detectar fissuras que são iniciadas em peças submetidas a solicitações mecânicas fortes e cíclicas, cuja repetição leva, após um certo tempo, a uma fissuração dita de fadiga e que pode levar à ruptura da peça.

10 Dentre as diversas técnicas de CND de estruturas, conhece-se a técnica de termografia infravermelha estimulada para detectar os defeitos das estruturas aeronáuticas, baseando-se na detecção das barreiras de difusão térmica que constituem as fissuras. Essa técnica
15 consiste em aquecer rapidamente a superfície do material a ser controlado, por exemplo, por meio de uma lâmpada flash e em observar o campo de radiação de superfície por meio, por exemplo, de uma câmera infravermelha. A presença de um defeito ou de uma fissura se manifesta localmente sobre as
20 imagens de termografia por um retorno anormalmente lento à temperatura ambiente em uma zona da peça.

 A figura 1 representa esquematicamente um dispositivo que destaca essa técnica. O dispositivo compreende um laser
16 que irradia localmente uma zona A da superfície de uma
25 peça a ser controlada 4 e um detector infravermelho 9 que observa uma zona B situada próximo à zona A das elevações de temperatura produzido pelo aquecimento da zona A. Essas elevações são influenciadas pelas características locais da zona B e em sua proximidade do material inspecionado.
30 Notadamente, a presença de uma barreira térmica produzida

por uma fissura 5 no meio da peça 4 age sobre a difusão do calor no meio da peça por condução térmica. Para obter uma cartografia do campo de temperatura da superfície da peça 4, o dispositivo compreende um sistema de varredura 5 composto de espelhos orientáveis motorizados 17 para orientar o feixe de excitação incidente 19 e o feixe sonda 18.

Em um dispositivo, tal como aquele apresentado na figura 1, um operador desloca de zona em zona para examinar 10 toda a superfície da estrutura a ser controlada. É, por conseguinte, necessário imobilizar a estrutura que é, por exemplo, um avião no solo, quando de uma inspeção, e deve recorrer ao pessoal qualificado para cumprir essas operações de controle, acarretando um custo considerável de 15 manutenção para a companhia aérea. Operadores formados e qualificados são, com efeito, necessários para fazer controles de qualidade e para evitar interpretações errôneas da termografia obtida.

Além disso, esse dispositivo não permite controlar 20 facilmente as peças sobre uma superfície relativamente extensa, pois é preciso que o operador desloque, de zona em zona, o dispositivo. Para poder controlar certas peças de formas complexas ou estruturas que comportam zonas inacessíveis, é necessário às vezes proceder a uma 25 desmontagem da estrutura. Notadamente, as fissuras que são iniciadas, por exemplo, em perfurações ou sistemas de ligações só podem ser detectadas, quando desembocam sobre uma superfície diretamente acessível.

Não existe até hoje meios de controle que permitem 30 controlar o estado das peças, por exemplo, peças

aeronáuticas ao longo de seus períodos de utilização, em particular podendo efetuar um diagnóstico global de bom estado das peças aeronáuticas durante o voo do avião.

A presente invenção visa a propor um dispositivo adaptado a esse controle que permite fiscalizar o estado de fadiga de uma peça que caracteriza a conformidade das estruturas em relação ao caderno de encargos dos diferentes estados da vida da aeronave.

Os problemas a resolver para esse dispositivo são:

- dispor de um meio de controle não destrutivo adaptado para ser facilmente fixado sobre a superfície das peças a serem controladas, restando massa e volume desprezível e necessitando apenas de uma baixa potência elétrica para seu funcionamento, até mesmo se auto-alimentar;

- dispor de um meio de controle adaptado para ser instalado permanentemente sobre as peças a serem controladas, durante sua utilização, para efetuar uma manutenção preventiva, detectando as anomalias o mais cedo possível, permitindo assim realizar reparos menos onerosos e garantir uma segurança máxima das peças;

- dispor de um meio de controle que permite uma gestão automática dos controles e liberar um diagnóstico completo da saúde das peças, a fim de reduzir ao máximo o trabalho do operador para reduzir o custo de manutenção.

Para isso, a invenção se refere a um dispositivo de controle não destrutivo em tempo real de uma peça por análise de dissipação de radiação térmica, raios X ou raios gama emitidos pela superfície da peça, quando ela é solicitada por esforços mecânicos.

De acordo com a invenção, o dispositivo compreende meios de medida aptos a determinar um campo de radiação de superfície da peça, esses meios de medida sendo integrados em um suporte destinado a vir cobrir uma superfície dessa
5 peça.

Vantajosamente, esse suporte é um suporte flexível, a fim de vir assumir a forma da peça.

Esses meios de medida têm uma sensibilidade adaptada para determinar um campo de elevação de intensidade de
10 radiação provocado por defeitos presentes na peça.

Em um modo de realização particular da invenção, os meios de medida compreendem uma rede de microcaptadores de radiação organizada em matriz com linhas e colunas. Para transformar a radiação recebida pelos microcaptadores em
15 sinal elétrico, cada microcaptador comporta uma célula apta a transformar a radiação recebida em cargas elétricas, essa célula sendo acoplada a um dispositivo de transferência de cargas elétricas para coletar as cargas elétricas.

Em um outro modo de realização da invenção, os meios
20 de detecção e de medida compreendem uma membrana de cristais líquidos termo-sensíveis, e uma rede de microcaptadores optoeletrônicos superposta a essa membrana de cristais líquidos termo-sensíveis. A rede de microcaptadores optoeletrônicos é organizada em matriz com
25 linhas e colunas. Cada microcaptador optoeletrônico comporta uma célula foto-sensível para transformar sinais ópticos enviados pela membrana em sinais elétricos, essa célula sendo acoplada a um dispositivo de transferência de carga para captar os sinais elétricos.

30 De acordo com uma forma de realização da invenção, o

dispositivo de controle compreende, além disso, uma eletrônica de interface que liga esses meios de medida e de detecção a uma memória de registro, essa eletrônica e essa memória são integradas nesse suporte flexível, de maneira a
5 realizar vantajosamente um dispositivo de controle monolítico.

Vantajosamente, o dispositivo de controle compreende um sistema calculador, tal como um microprocessador, para determinar, de maneira automática, um campo de elevação de
10 nível de energia de radiação de superfície da peça.

De acordo com uma forma de realização da invenção, o sistema calculador não sendo integrado ao suporte flexível, esse dispositivo de controle comporta meios de emissão para enviar sinais elétricos registrados na memória de registro
15 em direção a esse sistema calculador, utilizando uma ligação filar, sem fio, rádio ou infravermelha.

De acordo com uma forma de realização da invenção, esse sistema calculador é integrado nesse suporte flexível e é conectado entre essa interface e essa memória de
20 registro.

De acordo com uma forma de realização do sistema calculador, ele compreende uma memória contendo pelo menos uma representação cartográfica do campo de radiação de superfície de referência da peça ou das peças, meios de
25 cálculo que convertem os sinais elétricos recebidos por esse sistema calculador em campo de radiação, e meios de análise desse campo de radiação em relação ao campo de radiação de referência.

Os meios de análise compreendem meios de análise
30 diferencial para determinar um campo de radiação

diferencial entre o campo de radiação de referência e o campo de radiação medido.

Vantajosamente, esses meios de análise diferencial comportam meios para gerar um sinal de estado S
5 característico pelo fato de esse campo de radiação diferencial ultrapassar um valor limite.

Os meios de análise comportam meios de análise espectral para determinar informações relativas aos defeitos presentes na peça.

10 Vantajosamente, o sinal de estado S e as informações são ou transmitidos por esse sistema calculador para meios de alarme, ou registrados nessa memória de registro ligado a esse sistema calculador, depois transmitidos para meios de alarme, utilizando uma ligação filar, sem fio, rádio ou
15 infravermelha.

Os meios de alarme comportam, por exemplo, meios de afixação e indicadores luminosos ou sonoros.

Em uma outra forma de realização da invenção, esses microcaptadores são diretamente integrados em uma camada de
20 revestimento, destinada a vir cobrir uma superfície da peça a controlar.

Outras características e vantagens da invenção serão melhor compreendidas com a leitura da descrição que vai ser feita com referência aos desenhos que simbolizam:

25 na figura 1: uma representação esquemática de um dispositivo de termografia, de acordo com a técnica anterior;

na figura 2: uma representação esquemática de uma vista em corte de um dispositivo, de acordo com um modo de
30 realização da invenção;

na figura 3: uma representação esquemática de uma vista em corte de um dispositivo, de acordo com um outro modo de realização da invenção;

na figura 4: uma representação esquemática de uma vista em corte parcial de topo do dispositivo de controle;

na figura 5: uma representação esquemática do dispositivo de controle da figura 4 em posição operacional de transmissão de sinais elétricos para um sistema computador disposto à distância;

na figura 6: uma vista esquemática de uma rede de dispositivos de controle dispostos sobre a superfície das estruturas de um avião no solo em posição de transmissão de sinais registrados no decorrer do voo do avião.

Distinguem-se três fases, quando da ruptura de uma peça. Em uma primeira etapa, defeitos são formados de modo difuso nas zonas as mais solicitadas, por esforços mecânicos ou deformações aplicadas sobre a peça. Em uma segunda etapa, esses defeitos evoluem ou coalescem e uma fissura macroscópica aparece, propagando-se esses defeitos em uma terceira etapa até levar à ruptura da peça. Essas três fases são acompanhadas de uma dissipação térmica. A energia térmica dissipada é proporcional à concentração do esforço. A dissipação térmica é mais importante nas zonas as mais solicitadas mecanicamente. Por outro lado, quando o material se fissa, a atração da fissuração é localizada por uma elevação de uma temperatura localizada. Os frentes de fissuras constituem, portanto, pontos quentes. Estabelecendo-se uma cartografia de um campo de temperatura de superfície de uma peça e utilizando-se meios de análise adaptados, é possível localizar as zonas nas quais há uma

elevação de temperatura representativa da energia térmica dissipada.

As figuras 2 e 3 representam dois modos de realização de um dispositivo de controle 1 não destrutivo em tempo real de uma peça, por análise de dissipação de radiação, quando ela é solicitada por esforços mecânicos. Ele compreende meios de medida aptos a determinarem um campo de radiação de superfície da peça, esses meios são integrados em um suporte flexível 2. Esse suporte flexível 2 é, por exemplo, realizado em um material plástico, permitindo fixar o dispositivo de controle 1 sobre a superfície da peça a controlar, tomando a forma da peça. O suporte flexível do dispositivo de controle 1 é fixado sobre a superfície da estrutura a controlar por meio de um material adesivo. De preferência, esse dispositivo é realizado em uma dimensão limitada, adaptada para ser fixado sobre uma zona crítica da peça na qual as fissuras são capazes de aparecerem. Sobre um avião, o dispositivo pode ser disposto sobre zonas consideradas críticas que se situam, por exemplo, no nível dos elementos de ligações, no nível dos elementos de ligação dos painéis e das zonas de forte concentração de esforços.

De maneira geral, o tipo de radiação dissipada pela peça pode ser infravermelha, raios X ou raios gama.

Vantajosamente, o dispositivo de controle 1 é adaptado para receber uma camada superficial 8 que pode ser, por exemplo, uma camada de pintura que vem se superpor ao dispositivo de controle 1.

Na figura 2, foi representado um primeiro modo de realização dos meios de medida, compreendendo uma rede de

microcaptadores de radiação 3 que são integrados em um suporte flexível 2 fixado sobre a superfície de uma peça a controlar 4. Cada microcaptador de radiação 3 está apto a transformar o fluxo de radiação, que pode ser infravermelha ou raios X ou gama emitido pela peça 4, em sinais elétricos por meio de uma célula que converte a energia da radiação em carga elétrica. Cada célula é acoplada a um dispositivo de transferência de carga que tem por função evacuar a carga elétrica. Um sinal elétrico representativo da energia de radiação recebido pela célula é, portanto, gerado pela carga.

Na figura 3 foi representado um segundo modo de realização dos meios de medida, compreendendo uma membrana de cristais líquidos termo-sensíveis 7, e uma rede de microcaptadores optoeletrônicos 6 superposta à membrana de cristais líquidos termo-sensíveis 7. A membrana de cristais líquidos termo-sensíveis é constituída de cristais líquidos inseridos entre duas superfícies plásticas. A estrutura desses cristais líquidos se modifica em função da energia térmica recebida, isto se traduz por uma variação da composição espectral das zonas refletidas pelos diferentes planos dos cristais líquidos, levando, por conseguinte, a uma mudança de coloração na superfície da membrana dos cristais líquidos 7.

Para detectar essa mudança de coloração, em função do nível de energia de radiação, superpõe-se essa membrana a uma rede de microcaptadores optoeletrônicos. Cada microcaptador optoeletrônico está apto a transformar os raios luminosos emitidos pela membrana de cristais líquidos em cargas elétricas por meio de uma célula foto-sensível

que converte a energia luminosa em carga elétrica. Cada célula é acoplada a um dispositivo de transferência de carga que tem por função evacuar a carga elétrica. Um sinal elétrico representativo da energia luminosa recebida pela
5 célula foto-sensível é, portanto, gerado pela carga.

A figura 4 representa esquematicamente uma vista de topo do dispositivo de controle, segundo os modos de realização apresentados anteriormente. De acordo com uma forma de realização particular da invenção, o dispositivo
10 tem uma forma sensivelmente retangular, comportando, no caso, por exemplo, a título ilustrativo uma rede de 56 microcaptadores de radiação ou optoeletrônicos organizados em matriz linhas e colunas. O dispositivo de controle compreende, além disso, uma eletrônica de interface
15 ligando a rede de microcaptadores 3, 6 a uma memória de registro 11. A eletrônica 10 e a memória 11 são também integradas ao suporte flexível 2, de maneira a realizar vantajosamente um dispositivo de controle monolítico.

As cargas elétricas coletadas pelos dispositivos de
20 transferência de carga de cada microcaptador são transmitidas para a eletrônica de interface 10 que comporta, por exemplo, um amplificador para aumentar a potência do sinal, a fim de melhorar a relação sinal sobre ruído e também um conversor numérico/analógico para
25 converter os sinais elétricos analógicos recebidos em sinais numéricos.

Os sinais amplificados são, em seguida, encaminhados para a memória de registro 11. A eletrônica de interface 10 é disposta na extremidade das linhas de microcaptadores na
30 figura 4. Em uma outra forma de realização, a eletrônica de

interface 10 pode ser disposta na extremidade das colunas de microcaptadores.

A organização dos microcaptadores em matriz com linhas e colunas permite obter uma cartografia do campo de radiação, de modo que um defeito da peça pode ser localizado na superfície da peça.

A fim de localizar precisamente os defeitos, o passo entre microcaptadores é fixado, de preferência, em um valor inferior às dimensões dos defeitos mínimos a detectar, de modo que a discriminação da posição dos defeitos seja possível e de modo que, em caso de dano localizado da rede de microcaptadores, os microcaptadores situados em torno da zona danificada da rede possam sempre permitir realizar uma fiscalização das zonas o mais próximo do defeito capaz de aparecer na zona fiscalizada.

Em um modo de realização particular da invenção, o modo de transferência dos sinais elétricos oriundos dos microcaptadores 3, 6 para a eletrônica de interface 10 é um modo de transferência com interlinhas. Acima de cada linha de microcaptadores é disposta uma linha de armazenagem 23. Os sinais são temporariamente armazenados nessa linha de armazenagem 23. O conteúdo das linhas de armazenagem é, em seguida, transferido para a eletrônica de interface 10, segundo um modo em paralelo. Em seguida, os sinais elétricos são evacuados em série para uma memória de registro 11.

Em uma variante do modo de transferência dos sinais elétricos, cada microcaptador é endereçado diretamente para enviar os sinais elétricos à eletrônica de interface 10.

A fim de tratar, de maneira automática, os sinais

elétricos medidos pelos microcaptadores, o dispositivo de controle compreende, além disso, um sistema calculador 13 para converter o sinal elétrico em sinal representativo da energia de radiação dissipada pela superfície da peça e para determinar um campo de radiação da peça. O sistema calculador é, por exemplo, um sistema com microprocessador.

Em um modo preferido de realização da invenção, representado na figura 4, o sistema calculador não sendo integrado ao suporte flexível 2, o dispositivo comporta meios de emissão 12 para enviar os sinais elétricos registrados na memória de registro 11 para o sistema calculador 13, utilizando uma ligação sem fio, rádio ou infravermelha. Esses meios de emissão comportam, por exemplo, um transponder integrado no suporte flexível que funciona, de preferência, a uma frequência fixada, essa frequência sendo escolhida, de modo que a emissão dos sinais elétricos representativos da dissipação da energia da radiação de superfície da peça não interfere com a emissão dos outros dados por dispositivos diferentes do dispositivo de controle 1.

Os meios de emissão 12 para enviar os sinais elétricos registrados na memória 11 para o sistema calculador 13 podem ser também uma ligação filar.

O sinal elétrico recebido pelo sistema calculador 13 é convertido em sinal representativo de energia de radiação dissipada pela superfície da peça, graças a meios de cálculo, no qual é integrado um modelo teórico adaptado, ligando a energia à carga elétrica. Esses meios de cálculo geram cartografia do campo de radiação que podem ser uma cartografia da amplitude e da fase, e uma cartografia em

representação espectral. Esses dados representativos da energia dissipada pela peça são, em seguida, enviados para meios de análise.

Os meios de análise comportam meios de análise
5 diferencial para efetuar um estudo comparativo em amplitude entre o campo de radiação medido pela rede de microcaptadores e o campo de radiação de referência. Vantajosamente, esses meios de análise diferencial permitem estabelecer uma cartografia de um campo de elevação de
10 nível de energia de radiação de superfície da peça. Para isso, o sistema calculador comporta uma memória, na qual é registrada uma base de dados de cartografias de campo de radiação de referência da peça. Essas cartografias de referência constituem um modelo de comparação pré-definido
15 em relação ao comportamento da zona abrangida pelo dispositivo de controle. Essas cartografias de referência podem ser pré-determinadas sobre uma peça de referência. Entende-se, por peça de referência, uma peça julgada que não comporta defeito, por exemplo, uma peça à saída de sua
20 linha de fabricação e tendo tido sucesso em todas as etapas de qualificação. Elas podem ser também pré-determinadas por uma modelização. Quando os meios de análise fizerem uma comparação em amplitude entre o campo de radiação de referência e o campo de radiação medido pelos
25 microcaptadores, se o valor diferencial determinado entre o campo de referência e o campo medido ultrapassar um valor limite, um sinal de estado S será gerado pelos meios de análise.

Vantajosamente, os meios de análise comportam meios de
30 análise espectral que determinam uma representação

espectral de campo de radiação medido para determinar informações relativas aos defeitos presentes na peça. Notadamente, a análise espectral permite determinar a natureza do defeito e sua dimensão.

5 No âmbito de um controle em tempo real das estruturas, o dispositivo de controle é, por exemplo, programado para ser ativado, quando o avião não está mais no solo e efetua, em seguida, medidas com intervalos de tempos regulares, por exemplo, a cada 5 minutos durante um período determinado,
10 de maneira a realizar medidas em função do tempo. Assim, o dispositivo de controle permite uma cartografia da zona fiscalizada em função do tempo para estabelecer a evolução do campo de radiação emitido pela peça.

As medidas em função do tempo permitem notadamente
15 efetuar uma análise da evolução temporal do contraste de nível de energia, a partir do qual se pode identificar a profundidade do defeito que deu origem a esse contraste.

O sinal de estado, assim como todas as informações relativas aos defeitos, tais como a natureza dos defeitos,
20 a dimensão dos defeitos e a localização dos defeitos são transmitidos pelo sistema calculador para meios de alarme 14 que comportam, por exemplo, uma tela de afixação 22 para afixar as informações e indicadores luminosos e/ou sonoros
20 para advertir o operador de manutenção.

25 Um exemplo de modo de transmissão dos sinais é ilustrado na figura 6, que representa uma vista esquemática de uma rede de dispositivos de controle 1 dispostos sobre a superfície das estruturas de um avião 15. O avião está no solo e a rede de dispositivos de controle 1 está em posição
30 de transmissão de sinais registrados no decorrer do voo do

avião para um sistema calculador 13 que é ligado a meios de alarme 14 que comportam, no caso, por exemplo, um computador com uma tela de afixação 22 e indicadores sonoros 20.

5 Vantajosamente, o sistema calculador envia o campo de elevação de nível de energia de radiação da peça inspecionada para os meios de afixação sob a forma de uma imagem codificada por cores, permitindo assim, ao operador, localizar rapidamente as zonas de elevação de nível de
10 energia de radiação capazes de revelar a presença dos defeitos.

 A transmissão dos sinais elétricos registrados na memória 11 para o sistema calculador pode ser programada, de maneira que seja feita automaticamente no fim de um vôo
15 do avião, por exemplo. Essa transmissão também pode ser ativada manualmente pelo operador de manutenção, interrogando o dispositivo de controle, quando da inspeção do avião.

 Em um outro modo de realização da invenção, o sistema
20 calculador 13 é integrado diretamente ao suporte flexível 2 e conectado entre a eletrônica de interface 10 e a memória de registro 11. Nesse modo de realização, o sistema calculador 13 recebe diretamente sinais elétricos da eletrônica de interface 10 e envia para a memória de
25 registro 11 somente o sinal de estado e as informações relativas aos defeitos. Quando de uma inspeção, interrogando o dispositivo, o operador descarrega o sinal de estado e as informações registradas na memória do dispositivo de controle para meios de alarme 14, utilizando
30 uma ligação filar, sem fio, rádio ou infravermelha.

Todos os componentes integrados no suporte flexível são feitos a partir de uma tecnologia de microfabricação sobre um substrato duro transposta, no caso, sobre um substrato flexível, tal como um substrato plástico.

5 Todavia, a temperatura utilizada durante o processo de microfabricação é capaz de destruir o substrato plástico. Uma das soluções propostas atualmente consiste, inicialmente, em realizar os componentes sobre um substrato duro ele próprio depositado sobre vidro. O substrato duro
10 é, por exemplo, silício, alumina Al_2O_3 . Uma outra camada de vidro que serve de proteção vem se fixar sobre os componentes por meio de um adesivo solúvel, o substrato duro é, em seguida, retirado do empilhamento por ablação por meio de um laser. Os componentes são aplicados sobre um
15 substrato plástico e fixados neste por meio de um adesivo permanente, e o vidro de proteção é retirado.

Em uma forma particular de realização da invenção, o dispositivo de controle se apresenta sob a forma de uma película fina que tem uma espessura da ordem de 50 μm , e
20 uma superfície de 10 x 10 cm de lado que integra microcaptadores de dimensão da ordem da centena de micron, com um passo da ordem de uma dezena de micron.

A invenção foi apresentada no âmbito do controle das estruturas de aeronave, mas pode ser utilizada em todos os
25 setores industriais, nos quais o controle da integridade das peças trabalhadas é importante, tais como o automobilístico, o ferroviário, a construção naval ou o nuclear.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo de controle não destrutivo de uma peça (4) por análise de dissipação de radiação, quando a peça é solicitada por esforços mecânicos, caracterizado pelo fato de esse dispositivo (1) compreender meios de medida aptos a determinar um campo de radiação de superfície dessa peça, esses meios de medida sendo integrados em um suporte flexível (2) destinado a vir cobrir uma zona da superfície dessa peça a controlar, tomando a forma da peça.

2. Dispositivo de controle, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de esses meios de medida terem uma sensibilidade adaptada para determinar variações de nível de energia de radiação capazes de revelarem a presença dos defeitos na superfície dessa peça.

3. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de esses meios de medida compreenderem uma rede de microcaptadores de radiação (3).

4. Dispositivo de controle, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de essa rede de microcaptadores de radiação (3) ser organizada em matriz com linhas e colunas.

5. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 ou 4, caracterizado pelo fato de cada microcaptador de radiação (3) comportar uma célula apta a transformar a radiação emitida pela superfície dessa peça em cargas elétricas, essa célula sendo acoplada a um dispositivo de transferência de cargas elétricas para coletar as cargas elétricas.

6. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer uma

das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de esses meios de medida compreenderem uma membrana de cristais líquidos termo-sensíveis (7) e uma rede de microcaptadores optoeletrônicos (6) superposta a essa membrana de cristais líquidos termo-sensíveis (7).

7. Dispositivo de controle, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de a rede de microcaptadores optoeletrônicos (7) ser organizada em matriz com linhas e colunas.

8. Dispositivo de controle, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de cada microcaptador optoeletrônico (6) comportar uma célula foto-sensível para transformar sinais ópticos em sinais elétricos, essa célula sendo acoplada a um dispositivo de transferência de carga para captar os sinais elétricos.

9. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8, caracterizado pelo fato de, além disso, esse dispositivo compreender uma eletrônica de interface (10) que liga esses meios de medida e de detecção a uma memória de registro (11).

10. Dispositivo de controle, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de essa eletrônica de interface (10) e essa memória (11) serem integradas nesse suporte flexível (2), de maneira a realizar um dispositivo de controle monolítico (1).

11. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 ou 9, caracterizado pelo fato de essa eletrônica de interface (10) ser disposta na extremidade das linhas de microcaptadores de radiação ou na extremidade das colunas de microcaptadores de radiação.

12. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 ou 9, caracterizado pelo fato de essa eletrônica de interface (10) ser disposta na extremidade das linhas de microcaptadores optoeletrônicos ou na extremidade das colunas de microcaptadores optoeletrônicos.

13. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ou 12, caracterizado pelo fato de o dispositivo de controle (1) compreender um sistema calculador (13), tal como um sistema com microprocessador.

14. Dispositivo de controle, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de, esse sistema calculador (13) não sendo integrado no suporte flexível (2), esse dispositivo de controle comportar meios de emissão para enviar sinais elétricos registrados na memória de registro (11) para esse sistema calculador (13), utilizando uma ligação filar, sem fio, rádio ou infravermelha.

15. Dispositivo de controle, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de esse sistema calculador (13) ser integrado nesse suporte flexível (2) e ser conectado entre essa eletrônica de interface (10) e essa memória de registro (11).

16. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 ou 15, caracterizado pelo fato de esse sistema calculador (13) compreender uma memória contendo pelo menos uma cartografia do campo de radiação de referência da peça ou das peças, meios de cálculo que convertem os sinais

elétricos recebidos por esse sistema calculador em campo de radiação, e meios de análise desse campo de radiação em relação ao campo de radiação de referência.

17. Dispositivo de controle, de acordo com a
5 reivindicação 16, caracterizado pelo fato de pelo menos uma cartografia do campo de radiação de referência ser pré-determinada sobre uma peça referência.

18. Dispositivo de controle, de acordo com a
10 reivindicação 15, caracterizado pelo fato de pelo menos uma cartografia do campo de radiação de referência ser pré-determinada por uma modelização.

19. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer
uma das reivindicações 16 ou 17, caracterizado pelo fato de
esses meios de análise compreenderem meios de análise
15 diferencial para determinar esse campo de elevação de nível de radiação da peça.

20. Dispositivo de controle, de acordo com a
reivindicação 19, caracterizado pelo fato de esses meios de
análise diferencial comportarem meios para gerar um sinal
20 de estado S, quando esse campo de elevação ultrapassar um valor limite.

21. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer
uma das reivindicações 16 ou 17, caracterizado pelo fato de
esses meios de análise comportarem meios de análise
25 espectral para determinar informações relativas aos defeitos presentes na peça.

22. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer
uma das reivindicações 14, 16, 17, 18, 19, 20 ou 21,
caracterizado pelo fato de esse sinal de estado S e essas
30 informações serem transmitidos por esse sistema calculador

para meios de alarme (14).

23. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações 15, 16, 17, 18, 19, 20 ou 21, caracterizado pelo fato de esse sinal de estado S e essas
5 informações serem registrados nessa memória de registro (11) ligada a esse sistema calculador (13), depois transmitidos para meios de alarme (14), utilizando uma ligação filar, sem fio, rádio ou infravermelha.

24. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer
10 uma das reivindicações 22 ou 23, caracterizado pelo fato de esses meios de alarme (14) comportarem meios de afixação (22) e indicadores luminosos ou sonoros (20).

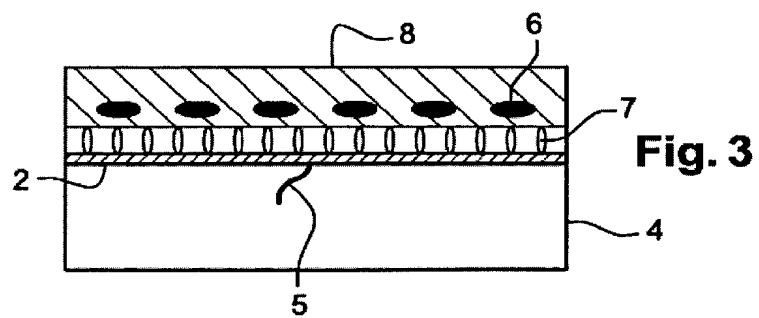
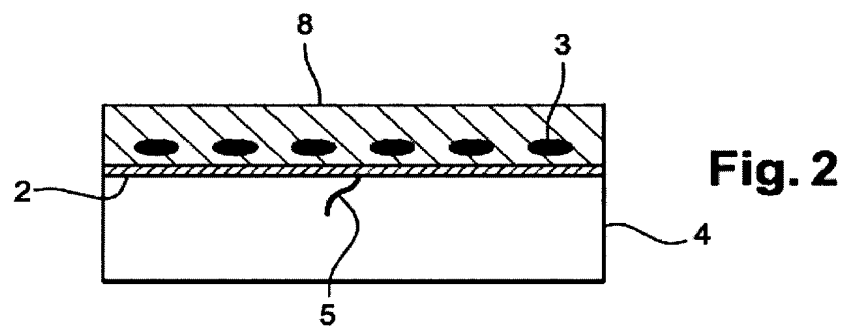
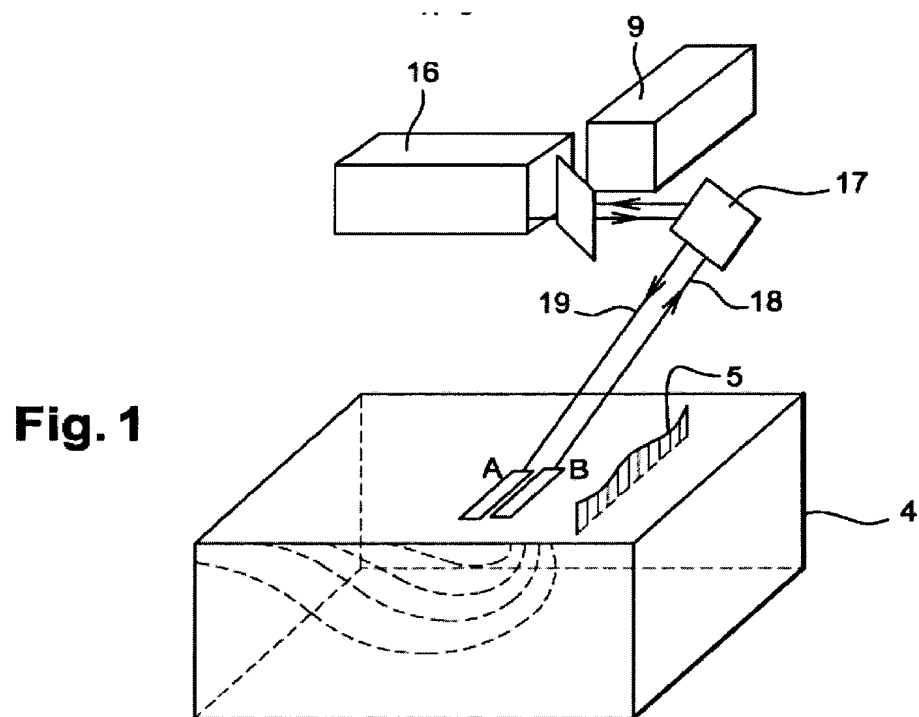
25. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11,
15 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 ou 24, caracterizado pelo fato de esses microcaptadores de radiação (3) ou os microcaptadores optoeletrônicos (6) serem de dimensão da ordem de uma centena de micron.

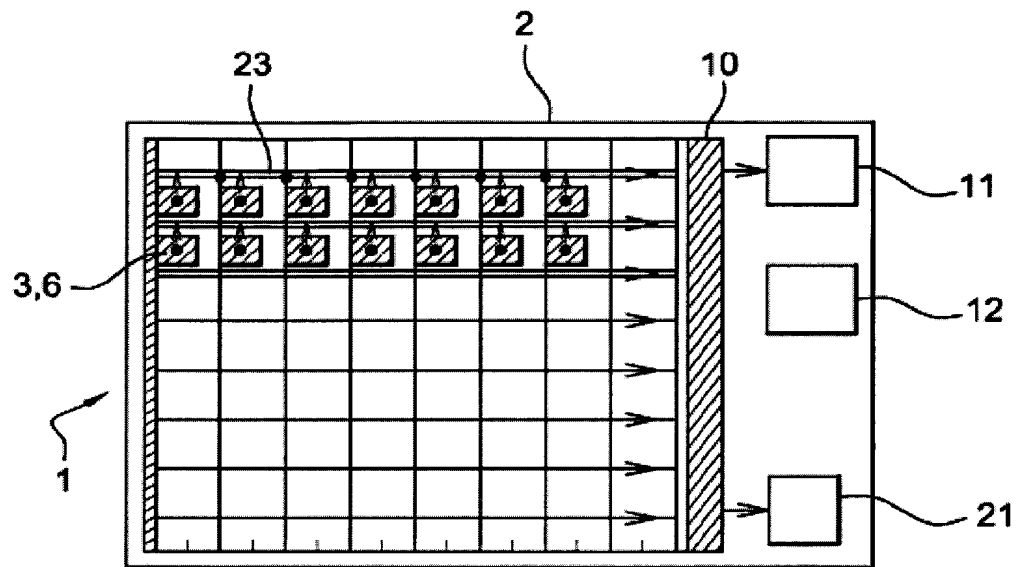
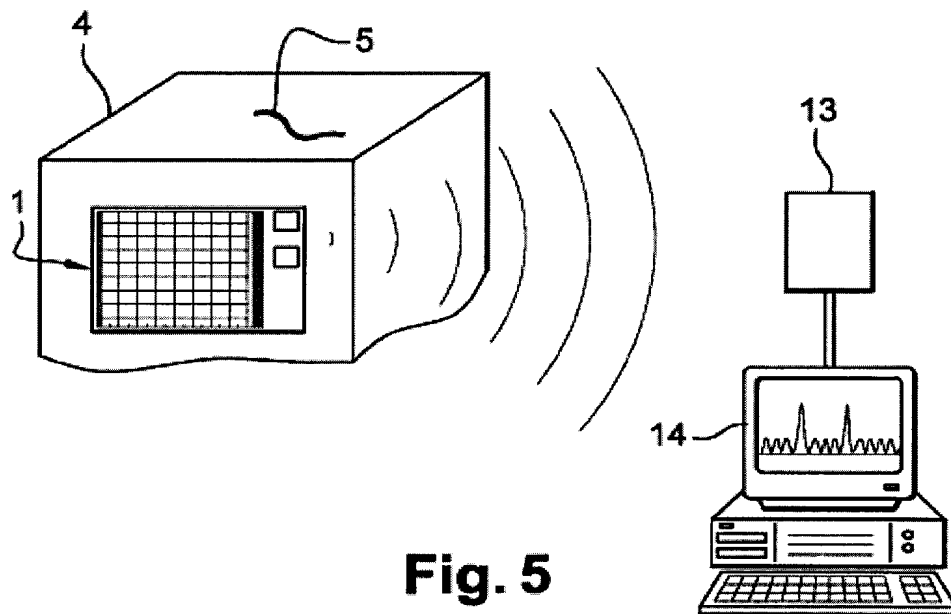
26. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer
20 uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 ou 25, caracterizado pelo fato de a espessura desse dispositivo de controle (1) ser inferior ou igual a 50 μm .

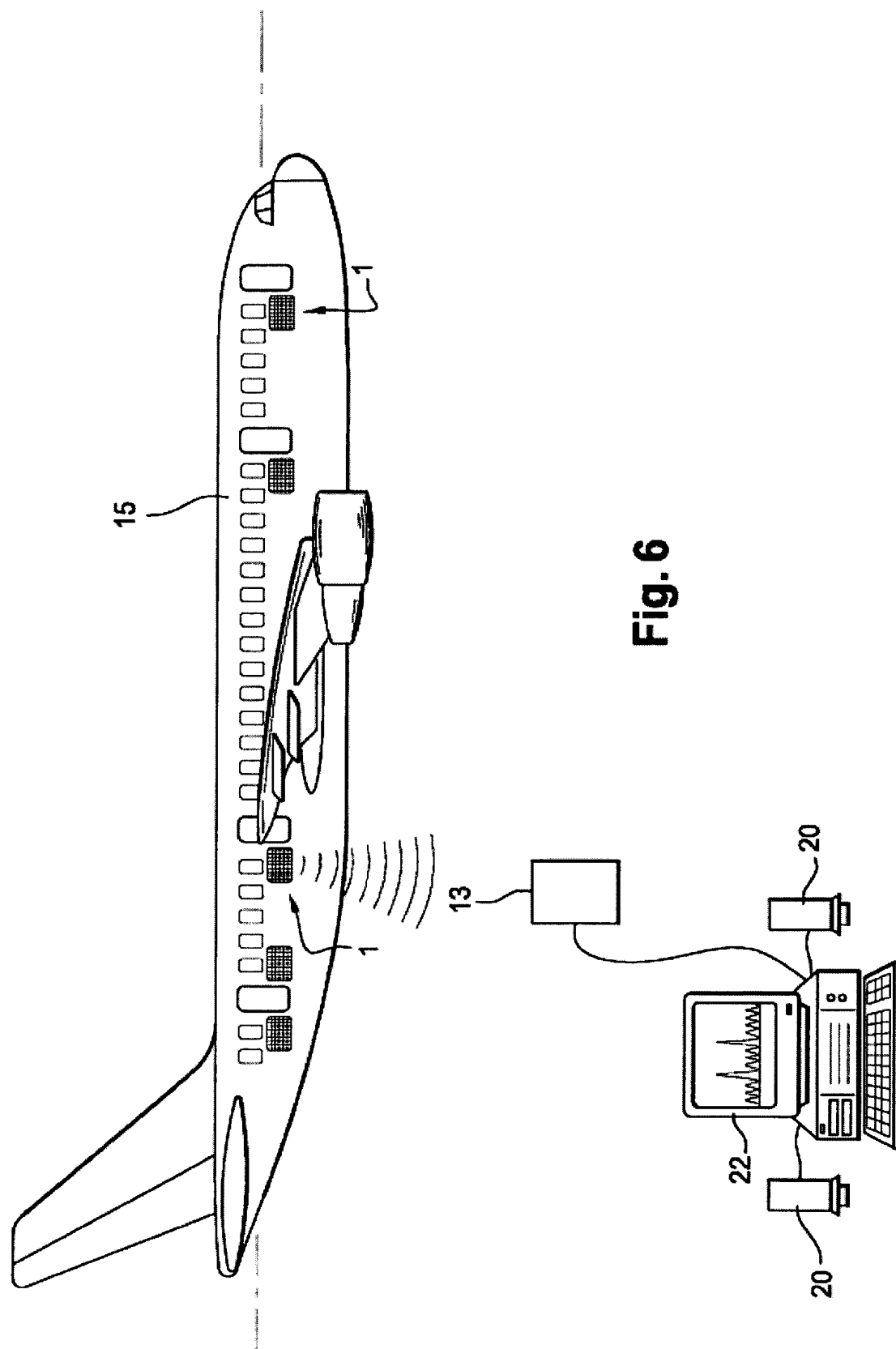
27. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer
25 uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 ou 26, caracterizado pelo fato de esse suporte flexível (2) do dispositivo de controle (1) ser fixado sobre a superfície da peça (4) a controlar por meio de um material adesivo.

30 28. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer

uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 ou 27, caracterizado pelo fato de esses microcaptadores (3,6) serem diretamente integrados em uma camada de revestimento destinada a vir cobrir uma superfície da peça a controlar.



**Fig. 4****Fig. 5**

**Fig. 6**

**DISPOSITIVO DE CONTROLE NÃO DESTRUTIVO DE UMA PEÇA POR
ANÁLISE DE DISSIPACÃO DE RADIAÇÃO**

O objeto da invenção se refere a um dispositivo de controle não destrutivo de uma peça (4) por análise de
5 dissipação de radiação, quando a peça é solicitada por esforços mecânicos. Esse dispositivo compreende meios de medida aptos a determinarem um campo de radiação de superfície da peça. Os meios de medida são integrados em um suporte flexível (2) destinado a vir cobrir uma zona de
10 superfície da peça (4) a controlar. Esse dispositivo permite detectar a atração de uma fissuração, quando da concentração de esforço sobre uma superfície de uma peça e a presença de uma fissura (5), quando da propagação dessa fissura. A presente invenção encontra aplicações para o
15 controle não destrutivo (CND) das peças de aeronave, mas pode ser utilizada em todos os setores industriais nos quais o controle da integridade das peças é importante, tais como o automóvel, o ferroviário, a construção naval ou o nuclear.