

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: 2007.08.10	(73) Titular(es): ARTECH SYSTEMS AG INDUSTRIESTRASSE 4 8590 ROMANSHORN 1 CH
(30) Prioridade(s): 2006.08.10 DE 102006037638 2006.10.05 DE 102006047591 2007.03.23 DE 102007014635	(72) Inventor(es): JÜRGEN KISING CH
(43) Data de publicação do pedido: 2009.04.22	(74) Mandatário: ANTÓNIO INFANTE DA CÂMARA TRIGUEIROS DE ARAGÃO RUA DO PATROCÍNIO, Nº 94 1399-019 LISBOA PT
(45) Data e BPI da concessão: 2012.06.06 174/2012	

(54) Epígrafe: **PROCESSO E DISPOSITIVO PARA A EXCITAÇÃO POR ULTRA-SONS DE ESTRUTURAS COM GEOMETRIA FACULTATIVA, TENDO COMO FINALIDADE A REDUÇÃO DE ATRITO**

(57) Resumo:

PROCESSO PARA A EXCITAÇÃO POR ULTRA-SONS DE ESTRUTURAS COM GEOMETRIA FACULTATIVA, COMPREENDENDO OS PASSOS DO ESTABELECIMENTO DE UMA LIGAÇÃO ENTRE UM GERADOR, UM CONVERSOR DE ULTRA-SONS E PELO MENOS UM SISTEMA MECÂNICO A EXCITAR, DO VARRIMENTO DE UM INTERVALO DE FREQUÊNCIAS PARA A DETERMINAÇÃO DE UM PONTO DE TRABALHO, SENDO QUE EM CADA FREQUÊNCIA VARRIDA A POTÊNCIA ABSORVIDA PELO SISTEMA A EXCITAR DETERMINA UMA CORRENTE OU UMA TENSÃO, QUE É FORNECIDA PELO GERADOR E É MEDIDA COM UM SENSOR, DE MODO QUE UM VALOR DE MEDIÇÃO DO SENSOR REPRESENTA A POTÊNCIA FORNECIDA AO SISTEMA A EXCITAR, E DA REALIZAÇÃO DE UMA EXCITAÇÃO POR ULTRA-SONS NO PONTO DE TRABALHO DETERMINADO OU NUMA PROXIMIDADE EM TORNO DO PONTO DE TRABALHO DETERMINADO, SENDO QUE O PONTO DE TRABALHO UMA VEZ DEFINIDO OU A PROXIMIDADE UMA VEZ SELECIONADA, EM TORNO DO PONTO DE TRABALHO, NÃO É MAIS ALTERADO, E DISPOSITIVO PARA A EXCITAÇÃO POR ULTRA-SONS DE ESTRUTURAS COM GEOMETRIA FACULTATIVA POR MEIO DESTES PROCESSOS.

RESUMO

"PROCESSO E DISPOSITIVO PARA A EXCITAÇÃO POR ULTRA-SONS DE ESTRUTURAS COM GEOMETRIA FACULTATIVA, TENDO COMO FINALIDADE A REDUÇÃO DE ATRITO"

Processo para a excitação por ultra-sons de estruturas com geometria facultativa, compreendendo os passos do estabelecimento de uma ligação entre um gerador, um conversor de ultra-sons e pelo menos um sistema mecânico a excitar, do varrimento de um intervalo de frequências para a determinação de um ponto de trabalho, sendo que em cada frequência varrida a potência absorvida pelo sistema a excitar determina uma corrente ou uma tensão, que é fornecida pelo gerador e é medida com um sensor, de modo que um valor de medição do sensor representa a potência fornecida ao sistema a excitar, e da realização de uma excitação por ultra-sons no ponto de trabalho determinado ou numa proximidade em torno do ponto de trabalho determinado, sendo que o ponto de trabalho uma vez definido ou a proximidade uma vez seleccionada, em torno do ponto de trabalho, não é mais alterado, e dispositivo para a excitação por ultra-sons de estruturas com geometria facultativa por meio deste processo.

DESCRIÇÃO

"PROCESSO E DISPOSITIVO PARA A EXCITAÇÃO POR ULTRA-SONS DE ESTRUTURAS COM GEOMETRIA FACULTATIVA, TENDO COMO FINALIDADE A REDUÇÃO DE ATRITO"

A presente invenção refere-se a um processo para a excitação por ultra-sons, de acordo com algumas características da reivindicação 1, e a um dispositivo para a excitação por ultra-sons de acordo com o conceito genérico da reivindicação 13.

Na indústria existe uma multiplicidade de aplicações, no caso das quais é desejável reduzir o atrito entre as partículas e/ou as partículas e um sistema que está em contacto com as mesmas. Alguns exemplos para aplicações deste género são:

- a peneiração por ultra-sons, na qual o caudal pode ser consideravelmente aumentado através da excitação por ultra-sons da malha da peneira. O caudal na peneiração por ultra-sons depende da tendência de entupimento da malha da peneira. Através da utilização de ultra-sons, as aberturas da malha mantêm-se livres, uma vez que devido ao movimento por ultra-sons o atrito de aderência é transformado em atrito de deslizamento mais reduzido e as aglutinações de pó são destruídas.
- o transporte de materiais a granel e de tintas em pó em tubos ou sobre plataformas. O atrito entre o material a granel e a

plataforma ou o tubo condutor é reduzido através de vibrações por ultra-sons. Por este meio, o fluxo volumétrico pode ser melhor doseado e o caudal pode ser aumentado.

- a excitação de interfaces entre partículas que se movem ou entre superfícies fixas e movidas. A transição do atrito de aderência para o atrito de deslizamento, condicionada pela utilização de ultra-sons, provoca de modo geral uma redução da resistência mecânica e pode assim reduzir o desgaste e o consumo de energia em processos mecânicos de movimento.

De acordo com o estado da técnica, para a excitação por ultra-sons, foi até agora habitual ajustar a frequência de vibração intrínseca do corpo mecânico a colocar em vibrações à frequência do conversor. Um sistema de peneiração deste género pode por exemplo ser depreendido do documento DE 4418175.

No caso da utilização desta abordagem é no entanto problemático que a sintonização do corpo mecânico a colocar em vibrações à frequência do conversor seja difícil e esteja associada a um esforço elevado. Já as habituais tolerâncias ao nível da técnica de produção, em particular em juntas soldadas ou noutras juntas, ou oscilações dos parâmetros acústicos como módulo de elasticidade, velocidade do som e densidade conduzem a corpos mecânicos com frequências intrínsecas ligeiramente diferentes, que já são de tal modo diferentes entre si que por exemplo o funcionamento de várias peneiras com um conversor de ultra-sons não é possível de acordo com o estado da técnica.

Quando se passa para corpos mecânicos mais complexos, as suas ressonâncias intrínsecas, na maioria das vezes, já não estão nitidamente acentuadas, ou seja obtém-se uma curva

acidentada de ressonâncias, como é mostrado no que se segue. Por princípio, este comportamento de vibração não impede uma excitação por ultra-sons que fomenta o caudal. A partir do documento EP 0567551 B1 é por exemplo conhecida a excitação das armações de sistemas de peneiração de modo a se obter uma vibração oscilada fora da frequência de ressonância.

Quando mesmo assim se manifestam frequentemente problemas no funcionamento de sistemas excitados por ultra-sons que não estão sintonizados à frequência do conversor de ultra-sons, então este facto é a consequência da tecnologia de geradores de ultra-sons até agora utilizada, na qual, para a regulação do gerador, é utilizado o ângulo de fase.

Este princípio de regulação funciona tanto melhor quanto mais nitidamente poder ser determinada a passagem por zero aquando da mudança de sinal da fase, isto é, em particular no caso de sistemas de ressonância com elevada qualidade, que por sua vez pode apenas ser obtida no caso de ressoadores exactamente sintonizados, sem um efeito forte de atenuação.

Ao contrário, as ressonâncias que não definem uma passagem por zero inequívoca da fase não são detectadas e a regulação falha. Caso ocorra uma deterioração da qualidade ou da informação de fase durante o funcionamento, pode também ocorrer uma falha total da regulação de fase e o gerador entra em sobrecarga.

Enquanto que uma utilização da regulação de fase é por conseguinte inteiramente vantajosa em sistemas de elevada qualidade, como os que têm que por exemplo ser utilizados na soldadura por ultra-sons, este modo de procedimento torna-se

sensível e instável quando a qualidade do sistema em vibração não é suficiente. De modo correspondente, deve ser assegurado que isto seja o caso, através de um ajuste individual complexo do sistema em vibração à frequência de ressonância pretendida.

Um outro problema aquando da excitação por ressonância consiste no facto de a amplitude de ressonância resultante não ser determinada de uma forma controlável, em particular no caso de sistemas de ressonâncias complexos. Este facto é problemático, uma vez que esta variável determina a potência dissipada, que por sua vez provoca o aquecimento do sistema. Um aquecimento não controlado como tal já é desvantajoso em muitos casos, uma vez que se fomenta uma aglutinação do pó ou do material a granel. Este problema aumenta no caso de materiais que já amolecem a baixas temperaturas ou que começam a fundir-se.

A qualidade do sistema excitado depende para além disso da temperatura. No caso da excitação por ressonância é por este motivo possível que o aquecimento do sistema melhore a qualidade, o que por sua vez conduz a uma maior amplitude de ressonância e, deste modo, a um aquecimento adicional que melhora adicionalmente a qualidade.

A partir do documento US 2002/0060230 A1 são conhecidos um dispositivo de acordo com o conceito genérico da reivindicação 13 e um processo para a excitação por ultra-sons de estruturas. Este documento revela um sistema de peneiração com um gerador, um conversor de ultra-sons controlado pelo gerador e uma estrutura mecânica, no qual um transdutor está disposto no sistema de peneiração e cujo sinal é utilizado como medida para as vibrações mecânicas do sistema, visando o ajuste da tensão de

comando fornecida pelo gerador, de modo a controlar a taxa de fluxo de material através do sistema de peneiração.

Partindo deste estado das coisas coloca-se o problema de disponibilizar um processo e um dispositivo para a excitação por ultra-sons, com os quais seja possibilitada a excitação de estruturas com complexidade facultativa e em particular também de várias peneiras, aquando de um aquecimento muito reduzido do sistema.

Este problema é solucionado através de um processo para a excitação por ultra-sons com as características da reivindicação 1 e de um dispositivo para a excitação por ultra-sons com as características da reivindicação 13.

Configurações vantajosas da invenção podem depreender-se das respectivas reivindicações dependentes relacionadas.

A invenção baseia-se no reconhecimento de que é vantajoso ajustar a frequência e a amplitude de vibração do conversor de ultra-sons ao comportamento de vibração do sistema global, com o auxílio da regulação do gerador, em vez de tentar ajustar o comportamento de vibração de condutores de som ressonantes a uma frequência intrínseca do conversor de ultra-sons.

De modo correspondente, em conformidade com o processo de acordo com a invenção e de acordo com a reivindicação 1, após um primeiro passo do estabelecimento da ligação entre gerador, conversor de ultra-sons e os sistemas a excitar por ultra-sons, o ponto de trabalho do sistema é procurado e definido num segundo passo através da variação do parâmetro (do gerador) da frequência do gerador sobre um intervalo específico e através da

medição da corrente e/ou da tensão, que são determinadas pela potência absorvida com o actual valor da frequência. A excitação por ultra-sons é então realizada num terceiro passo do processo, no ponto de trabalho ou na sua proximidade, sendo que o ponto de trabalho uma vez definido ou a proximidade definida não será mais controlado posteriormente, mas a frequência dentro da proximidade definida do ponto de trabalho pode ser variada.

Mesmo no caso em que se trata de uma excitação fixa num ponto de trabalho, não se trata neste caso, regra geral, de uma excitação por ressonância de um condutor de som pertencente ao sistema de peneiração, mas antes de uma excitação da amplitude de dispersão. A vibração produzida pelo conversor de ultra-sons é neste caso transmitida pelo condutor de som ou pela armação da peneira excitados, por meio de elementos de ligação, para a armação da peneira ou para o condutor de som não excitados directamente pelo conversor de ultra-sons. Neste caso, nem a armação da peneira, nem os condutores de som estão sintonizados, sendo também desnecessário prever ressoadores de alimentação sintonizados ao conversor de ultra-sons, mas antes estes são substituídos por simples peças de alimentação ou condutores de som de alimentação. A forma de excitação corresponde neste caso à vibração forçada de um oscilador harmónico com uma amplitude de força F_0 . A solução geral da correspondente equação diferencial para um sistema com massa M , frequência intrínseca ω_0 e constante de atenuação Γ tem a forma

$$X(t) = A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t)$$

sendo que a amplitude de dispersão B pode ser representada por:

$$B = \frac{F_0}{M} \frac{(\omega_0^2 - \omega^2)}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \Gamma^2 \omega^2}$$

e para a relação entre a amplitude de dispersão B e a amplitude de absorção A é válido:

$$\frac{B}{A} = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{\Gamma \omega}$$

Para grandes espaçamentos entre a frequência intrínseca do sistema e a frequência de excitação, a amplitude de absorção A torna-se negligenciável e é válido em boa aproximação:

$$B = \frac{F_0}{M(\omega_0^2 - \omega^2)}$$

Deste modo torna-se evidente que no caso da excitação de uma vibração de dispersão o parâmetro da amplitude de excitação, altamente relevante para o rendimento do processo de peneiração, é proporcional em relação à amplitude de força F_0 e, por este motivo, pode ser controlado muito especificamente. Isto é no entanto não apenas o caso sobre uma zona especial da peneira, uma vez que devido ao facto de ser excitada uma vibração de dispersão do sistema, os correspondentes componentes não precisam mais cumprir nenhuma condição de ressonância, o que possibilita uma optimização da geometria dos componentes tendo em vista a distribuição da amplitude do som sobre a malha da peneira.

Como parâmetros que definem o intervalo de varrimento, um intervalo de frequências de 33 até 37 kHz no caso de correntes entre 0 e 0,5 A e tensões entre 0 e 600 V deram resultados particularmente bons, sendo que a amplitude de passo preferida é 500 μ s.

De um modo vantajoso, como critério para a selecção do ponto de trabalho utiliza-se a potência fornecida ao sistema global (potência dissipada) e correlacionada com a amplitude de vibração do sistema excitado, que depende do quadrado da amplitude de vibração e da superfície de contacto. Esta relação demonstra que não é apenas importante maximizar a amplitude de um único condutor de som, por exemplo através do funcionamento na sua ressonância, mas antes é para além disso essencial excitar uma grande superfície de contacto. A potência fornecida ao sistema global pode ser relevante no caso de uma única frequência fixa, revelando-se no entanto frequentemente também como vantajoso considerar a potência fornecida ao sistema global ao longo da proximidade seleccionada do ponto de trabalho, no caso da variação da frequência de excitação. Devido ao facto de uma excitação ser realizada, regra geral, por meio de uma amplitude de dispersão, também não se verificam problemas com um aquecimento local e ao contrário da situação aquando do funcionamento de ressonância de um condutor de som obtém-se controlo sobre os efeitos térmicos no material a mover ou a peneirar.

Uma forma de realização preferida prevê utilizar o ponto de trabalho com a maior potência fornecida ao sistema global com uma frequência fixa ou ao longo de um intervalo de frequências. Neste caso, aquando do varrimento dos parâmetros do gerador do intervalo de varrimento, o respectivo valor actual da potência

fornecida ao sistema global é determinado, comparado com o valor até agora máximo arquivado e, quando o valor é superior ao valor até agora máximo, é então arquivado juntamente com os parâmetros do gerador que conduzem à sua obtenção.

No entanto é também possível a especificação definida pelo utilizador, de um outro valor nominal, do qual a potência fornecida ao sistema global se deve aproximar o mais possível, o que pode ser vantajoso em particular quando o sistema deve trabalhar com materiais sensíveis à temperatura.

Neste caso, de um modo vantajoso, aquando do varrimento do intervalo de frequências, antes da comparação com o até agora melhor valor, o valor nominal é subtraído da potência fornecida ao sistema global e o valor é então arquivado como novo melhor valor, juntamente com os parâmetros do gerador com os quais é alcançado, quando a diferença entre o valor nominal e o valor determinado para o conjunto de parâmetros especificado do gerador é inferior ao até agora melhor valor.

Numa forma de realização do processo a preferir em particular, devido ao seu elevado rendimento, várias estruturas a excitar são excitadas simultaneamente por meio de um único gerador e de um único ou de vários conversores de ultra-sons. De acordo com o estado da técnica, isto não é, regra geral, possível, uma vez que as variações ao nível da técnica de produção e a variação dos parâmetros acústicos dos corpos mecânicos a excitar são suficientes para deslocar as suas frequências de ressonância entre si, o que por sua vez conduz a um comportamento de fase do sistema global que provoca a falha de geradores com regulação de fase.

Num outro aperfeiçoamento vantajoso deste modo de procedimento, que pode ter interesse em particular quando no caso da excitação comum de várias estruturas a excitar resultam diferenças graves no que diz respeito ao rendimento da excitação, a frequência de funcionamento é variada durante o funcionamento num determinado intervalo em torno do ponto de trabalho. Este modo de procedimento pode conduzir a uma compensação dos rendimentos.

Aquando da definição do intervalo da variação de frequências são possíveis diferentes modos de procedimento. Na forma de realização mais simples do processo, o utilizador define simplesmente um intervalo de frequências, por exemplo ± 1000 Hz, que é então colocado em torno do ponto de trabalho encontrado.

Mais complexa é a definição do intervalo da variação de frequências com a utilização de valores limite que se referem a uma determinada potência de saída ou a uma determinada corrente e/ou a uma determinada tensão, relativamente à potência absorvida máxima ou a uma determinada corrente e/ou a uma determinada tensão, por exemplo 50% dos valores máximos destas variáveis. Neste caso, os valores de frequência são definidos como limites do intervalo de variação, nos quais os valores limite são ultrapassados por defeito. No caso desta configuração, de um modo vantajoso, a potência fornecida é otimizada através da relação ao espectro de potência; no caso de sistemas de peneiração com ressonâncias inequivocamente definidas vai surgir um intervalo de variação mais pequeno em torno do ponto de trabalho, do que no caso de sistemas de peneiração com ressonâncias muito planas. Uma outra possibilidade para a definição automatizada dos limites da

variação de frequências consiste em encontrar automaticamente a posição de frequência mais baixa e a mais alta, nas quais é alcançado um valor predefinido da potência de saída, ou da tensão ou da corrente, e estas posições são então utilizadas como limite para a variação de intervalos. Isto é particularmente vantajoso quando uma forte potência absorvida se verifica em vários intervalos no espectro de vibração.

Numa outra configuração do processo que, para a sua realização, requer que sejam previstos meios para a representação gráfica da dependência apurada pelo gerador, entre a potência absorvida pelo sistema ou valores da corrente e/ou da tensão e a frequência de excitação, esta dependência é representada graficamente e os limites do intervalo de variação são definidos manualmente pelo utilizador. No caso deste modo de procedimento, peneiras com grupos de frequências separados podem ser controladas de forma optimizada. É também concebível um processo automatizado análogo, na medida em que é utilizado um intervalo de frequência uma vez seleccionado, por exemplo através da comparação dos integrais sobre a variável determinada pelo gerador, sobre todo o intervalo de frequências varrido e o intervalo de frequências com os limites acabados de serem seleccionados. Caso o último ultrapasse por defeito uma determinada fracção do primeiro, este facto é um indício de que intervalos significantes para o aumento do caudal ainda não estão cobertos pela variação de frequências.

Para uma elevada estabilidade da realização do processo é vantajoso operar o gerador por baixo da sua potência nominal.

Demonstrou-se ser conveniente restringir a potência de saída do gerador durante o varrimento pelo ponto de trabalho, de

modo que o gerador disponibiliza menos potência durante o varrimento pelo ponto de trabalho do que no funcionamento subsequente neste ponto de trabalho. Por este meio impedem-se danos no sistema quando durante a variação de frequências se atinge uma ressonância com elevada qualidade.

O dispositivo de acordo com a invenção e de acordo com a reivindicação 13 apresenta, tal como um sistema convencional para a excitação por meio de ultra-sons, um gerador, um conversor de ultra-sons e pelo menos uma estrutura mecânica a excitar. O gerador apresenta meios para a variação da frequência de excitação sobre um intervalo de frequências entre 33 e 37 kHz, bem como a disponibilização de correntes entre 0 e 0,5 A e tensões entre 0 e 600 V. Para além disso, de acordo com a invenção, está previsto pelo menos um sensor para a medição dos valores de tensão e de corrente que ocorrem e são fornecidos pelo gerador no caso de uma frequência de excitação definida, a partir de cujos dados de medição é determinada a potência fornecida ao sistema global.

O sistema de acordo com a invenção compreende além disso uma memória, na qual, por um lado, podem ser arquivados os valores pretendidos para a potência dissipada que podem ser introduzidos por um utilizador e, por outro lado, podem ser arquivados os valores de parâmetros para os quais os valores pretendidos são alcançados ou são alcançados o melhor possível. Em particular, a memória pode também ser dimensionada de tal modo que os valores de medição determinados pelo gerador aquando do varrimento de todo o seu intervalo de frequências, em função da frequência no respectivo ponto de medição, são arquivados. É no entanto também concebível transmitir estes dados a um PC e arquivá-los aí.

Neste caso é necessária a utilização de um conversor de ultra-sons que é concebido para grandes amplitudes, de modo a compensar a eliminação da ampliação da amplitude de ressonância que é típica para o funcionamento em frequência de ressonância do conversor de ultra-sons. Para muitas aplicações verificou-se ser neste caso suficiente uma amplitude típica de 6 μm pico a pico.

Numa forma de realização particularmente vantajosa, o conversor de ultra-sons está neste caso disposto fora do fluxo do pó.

É também útil prever um condutor de som de alimentação que está disposto entre o conversor de ultra-sons e o condutor de som ou a armação da peneira directamente excitado. Este condutor de som de alimentação pode ser realizado como barra condutora linear ou arqueada e ser concebido opcionalmente para a excitação de vibrações de flexão ou vibrações longitudinais.

No caso de uma correspondente configuração do condutor de som de alimentação é em particular possível otimizar a amplitude de excitação no que diz respeito à geometria utilizada da peneira e do condutor de som, bem como aos tipos de pó utilizados.

Para além disso pode ser útil, precisamente no caso de condutores de som extensos, excitar o condutor de som em mais do que um local e, por conseguinte, utilizar vários condutores de som de alimentação, de modo a compensar uma atenuação eventualmente demasiado grande. No caso da utilização de apenas um gerador de ultra-sons, uma disposição deste género pode ser

operada ou paralelamente, isto é, com excitação simultânea através de ambos os condutores de som, ou sequencialmente, isto é, alternadamente. A solução referida por último é particularmente eficiente em termos de custos, reduzindo no entanto o caudal. Caso se utilize pelo contrário um segundo gerador de ultra-sons para a excitação do segundo condutor de som de alimentação, então resulta, para além de uma amplitude de vibração mais homogénea, também a vantagem de que, regra geral, as frequências não estão exactamente sintonizadas e não são idênticas, mas antes diferentes entre si, tipicamente por alguns 100 Hz. Este facto provoca um batimento de baixa frequência que, para determinados tipos de pó, tem um efeito vantajoso sobre o comportamento do fluxo.

Numa configuração vantajosa, o condutor de som é conformado em forma de L ou como tubo quadrado, uma vez que esta forma apresenta uma rigidez elevada em relação às forças que actuam perpendicularmente e a aba curta do L ou do tubo quadrado pode servir como superfície de contacto ou de colagem em relação à malha da peneira.

Uma outra disposição prevê que sobre a malha da peneira estejam dispostos vários condutores de som que estão ligados a um primeiro condutor de som que é excitado, por meio de pontes acústicas. Deste modo podem ser obtidas, de uma forma particularmente favorável, distribuições muito homogéneas do som sobre peneiras muito grandes.

Ainda outras geometrias vantajosas dos condutores de som são os condutores de som em forma de anel, condutores de som angulares e condutores de som em forma de segmento circular.

Uma outra realização vantajosa para a distribuição otimizada da energia acústica sobre a superfície da peneira consiste em soldar placas ressonantes no condutor de som, através das quais é então estabelecido o contacto com a superfície da peneira. Uma forma de realização preferida são ressoadores em forma de prato com um diâmetro de 40-60 mm e uma espessura de aproximadamente 1,5 mm, podendo no entanto também ser utilizados ressoadores rectangulares ou quadráticos.

Uma forma de realização particularmente preferida prevê proporcionar, pelo menos parcialmente, moduladores de amplitude individuais ou conectados em série, como pontes acústicas entre diferentes condutores de som e/ou como peças de ligação à armação da peneira. Como moduladores de amplitude podem ser utilizados, por exemplo, barras redondas que apresentam secções com diferentes raios, sendo que o comprimento pode ser ajustado a frequências seleccionáveis, facto pelo qual em determinados intervalos de frequência pode ser obtida uma modificação local da amplitude de vibração, selectivamente em condutores de som individuais do sistema. De igual modo é possível prever secções com secções transversais rectangulares que apresentam uma rigidez melhorada. Estas são utilizadas, de um modo preferido, em peneiras que necessitam de uma rigidez elevada para suportar o peso colocado do pó. Com estes moduladores de amplitude podem também ser montadas travessas dentro do condutor de som, de modo a contrariar a pressão do material a peneirar. Deste modo, o fabricante pode por exemplo prescindir de uma cruz de suporte mecânica adicional dentro da superfície da peneira.

Com base nas seguintes figuras devem ser discutidos em detalhe exemplos de realização da invenção. Mostra:

- Figura 1: uma disposição de uma peneira com uma estrutura circular do condutor de som e condutor de som de alimentação arqueado.
- Figura 2: uma disposição de uma peneira com uma estrutura complexa do condutor de som.
- Figura 3: uma disposição de uma peneira, na qual ressoadores em forma de prato estão dispostos adicionalmente entre o condutor de som e a superfície da peneira.
- Figura 4: um dispositivo de peneiração com dois condutores de som circulares que estão ligados entre si e à armação, respectivamente através de diferentes montagens em série de moduladores de amplitude.
- Figura 5: um resultado de uma análise de frequências de um sistema acoplado.

Com base na figura 1 é em primeiro lugar explicado o procedimento aquando da peneiração por ultra-sons, com base num dispositivo a título de exemplo. O condutor 2 de som encontra-se em contacto estreito com a malha 1 da peneira que está fixada na armação 3 da peneira. Um condutor 6 de som de alimentação que no exemplo representado é realizado de forma arqueada, podendo no entanto também ser realizado por exemplo de forma linear, é colocado em vibrações por meio de um conversor 4 de ultra-sons operado pelo gerador não representado, numa frequência de vibração definida. O condutor 6 de som de alimentação excita o condutor 2 de som que está ligado à armação 3 da peneira por meio dos elementos 5 de ligação. Nesta disposição não é apenas possível dispor o conversor fora do fluxo do pó, mas antes as

vibrações excitadas no condutor 2 de som através dos elementos 5 de ligação são também transmitidas para a armação da peneira. Em alternativa é também possível a excitação da armação 3 da peneira através do condutor 6 de som de alimentação e a transmissão das vibrações para o condutor 2 de som por meio dos elementos 5 de ligação.

Em ambos os casos é por este meio obtida uma distribuição mais uniforme do som sobre a malha da peneira. Esta pode ser otimizada adicionalmente, uma vez que, ao contrário da situação em sistemas de peneiração conhecidas com condutores de som sintonizados a uma ressonância do conversor de ultra-sons, o sistema excitado não é operado de forma sintonizada a uma frequência de ressonância, mas antes o ponto de trabalho da frequência é ajustado pelo gerador às condições do sistema, facto pelo qual é consideravelmente aumentada a flexibilidade no que diz respeito à forma e ao tamanho na configuração das diferentes armações/condutores de som. A figura 2 mostra um exemplo para uma disposição melhorada deste género, cujo análogo para o funcionamento ressonante não seria possível ou seria apenas possível com esforço considerável, com integração de quatro ressoadores sintonizados a uma frequência idêntica. Neste caso, quatro condutores 2 de som em forma de anel, que estão ligados entre si através de pontes 7 acústicas, estão ligados à armação 3 da peneira ou a uma cruz 8 de suporte, através de elementos 5 de ligação. Um dos condutores 2 de som é excitado por um conversor 4 de ultra-sons. A vibração é transmitida para os outros condutores 4 de som através das pontes 7 acústicas e para a armação da peneira e para a cruz de suporte através dos elementos 5 de ligação.

Em particular torna-se também possível o funcionamento de estruturas de condutores de som angulares.

Na figura 3 encontra-se apresentada uma forma de realização, na qual vários pratos 9 ressonantes estão montados entre o condutor 2 de som e a malha 1 da peneira. O seu número típico situa-se entre 6 e 10, mas consoante a geometria da peneira ou do condutor de som pode também ser vantajoso um outro número de pratos 9 ressonantes. Através desta medida obtém-se uma homogeneização adicional da transmissão da energia acústica para a malha da peneira.

A disposição representada na figura 4 elucida as vantagens que estão associadas à configuração de pontes 5 acústicas e/ou de elementos 7 de ligação em forma de moduladores 10 de amplitude. Na figura 4 reconhece-se um dispositivo de peneiração, no qual são utilizadas diferentes montagens em série de moduladores 10 de amplitude. Neste caso, através de um condutor 6 de som de alimentação, é em primeiro lugar excitado um condutor 2 de som circular exterior que está ligado a um condutor 2 de som circular interior através de dois moduladores 10 de amplitude e à armação através de três moduladores 10 de amplitude dispostos em sentido inverso.

A curva 100 de ângulo de fase mostrada em baixo na figura 5 representa uma medição de um ângulo de fase como função de uma frequência de excitação para um sistema mecânico acoplado excitado. De acordo com os processos conhecidos a partir do estado da técnica para a excitação de vibrações, uma passagem por zero estável do ângulo de fase deve ser identificada nesta curva, de modo a poder realizar a excitação desejada numa frequência intrínseca. Uma vista sobre a curva 100 indica ao

perito, que uma excitação do sistema baseada neste princípio de regulação não é possível.

O processo de acordo com a invenção contorna esta problemática através da utilização de um outro critério de regulação. Para a selecção do ponto de trabalho, no qual se deve trabalhar, a frequência é variada passo a passo entre 33 kHz e 37 kHz. Para cada frequência assim seleccionada resulta uma corrente e/ou uma tensão do gerador a partir da potência global absorvida pelo sistema. O valor desta corrente e/ou desta tensão, medido com um sensor, é utilizado para determinar a potência fornecida com esta frequência ao sistema a excitar, como potência dissipada.

Um modo de procedimento a este respeito pode consistir em manter em primeiro lugar a tensão constante em todas as frequências, enquanto que a corrente aumenta ou diminui com a absorção de potência pelo sistema. No entanto, a tensão pode também ser alterada com a corrente constante.

Deste modo pode ser determinada a curva 200 de impedância mostrada na figura 1, a qual está correlacionada com a potência dissipada fornecida ao sistema global, como função da frequência de excitação. Como critério para a selecção do ponto de trabalho, no qual o gerador é então operado, utiliza-se na forma de realização aqui descrita da invenção, a título de exemplo, que o ponto de trabalho preferido seja aquele no qual se verifica a maior potência dissipada fornecida. Este ponto 300 pode também ser determinado facilmente no sistema excitado complexo. No entanto são também possíveis outros critérios de selecção que podem por exemplo depender da potência integral alcançável, ao longo de um certo intervalo de frequências.

No ponto de trabalho assim determinado é então realizado o funcionamento do sistema excitado por ultra-sons. No caso da excitação de várias estruturas, a frequência é varrida, de um modo vantajoso, de forma contínua em torno do ponto de trabalho fixado.

Lista dos índices de referência

- 1 malha da peneira
- 2 condutor de som
- 3 armação da peneira
- 4 conversor de ultra-sons
- 5 elemento de ligação
- 6 condutor de som de alimentação
- 7 ponte acústica
- 8 cruz de suporte
- 9 prato ressonante
- 10 modulador de amplitude
- 100 curva de ângulo de fase
- 200 curva de impedância
- 300 ponto de trabalho

Lisboa, 3 de Setembro de 2012

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para a excitação por ultra-sons de estruturas com geometria facultativa, compreendendo os passos:
 - a) estabelecimento de uma ligação entre um gerador, um conversor (4) de ultra-sons e pelo menos um sistema mecânico a excitar
 - b) varrimento de um intervalo de frequências para a determinação de um ponto de trabalho, sendo que em cada frequência varrida a potência absorvida pelo sistema a excitar determina uma corrente ou uma tensão, que é fornecida pelo gerador e é medida com um sensor, de modo que um valor de medição do sensor representa a potência fornecida ao sistema a excitar
 - c) realização de uma excitação por ultra-sons no ponto de trabalho determinado ou numa proximidade em torno do ponto de trabalho determinado, sendo que o ponto de trabalho uma vez definido ou a proximidade uma vez seleccionada em torno do ponto de trabalho, não é mais alterado.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a potência fornecida ao sistema a excitar ser utilizada como critério para a selecção do ponto de trabalho no passo b) do processo.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado por o ponto de trabalho determinado no passo b) do processo ser aquele no qual é alcançada a maior potência fornecida ao sistema a excitar.

4. Processo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por no passo b), aquando do varrimento do intervalo de frequências, um respectivo valor actual da potência fornecida ao sistema a excitar ser determinado, ser comparado com um valor até agora máximo arquivado e ser então arquivado juntamente com os valores da tensão ou da corrente e da frequência, que conduzem à sua obtenção.
5. Processo de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por o ponto de trabalho determinado no passo b) do processo ser aquele no qual é alcançado um valor da potência fornecida ao sistema a excitar, que se aproxima mais de um valor nominal predefinido.
6. Processo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por aquando do varrimento do intervalo de frequências, o valor nominal ser subtraído da potência fornecida ao sistema a excitar e o valor neste caso obtido ser então arquivado como novo melhor valor, juntamente com o valor da tensão ou da corrente e da frequência com o qual é alcançado, quando o valor obtido através da formação da diferença é inferior ao melhor valor até agora arquivado.
7. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado por no passo c) do processo serem excitados simultaneamente vários sistemas mecânicos.
8. Processo de acordo com a reivindicação 7, caracterizado por durante o passo c) do processo a frequência do gerador ser variada por um determinado intervalo em torno do ponto de trabalho fixado.

9. Processo de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por a definição do intervalo da variação de frequências ser realizada com a utilização de valores limite que se referem a uma determinada potência de saída, ou a uma determinada corrente ou a uma determinada tensão, relativamente à potência absorvida máxima ou a uma determinada corrente ou a uma determinada tensão, na medida em que os valores de frequência mais próximos do ponto de trabalho são definidos como limites do intervalo de variação, nos quais os valores limite são ultrapassados por defeito, ou na medida em que a posição de frequência mais baixa e a mais alta, nas quais é alcançado um valor predefinido da potência de saída, ou da tensão ou da corrente, nos quais os valores limite são ultrapassados por defeito.
10. Processo de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por a dependência apurada pelo gerador entre a potência absorvida pelo sistema ou valores da corrente ou da tensão e a frequência de excitação, ser representada graficamente e os limites do intervalo de variação serem definidos manualmente pelo utilizador.
11. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado por durante o passo c) do processo o gerador ser operado por baixo da sua potência nominal.
12. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado por durante o passo b) do processo o gerador ser operado em cada ponto, em particular também no ponto de trabalho, com uma potência fornecida mais reduzida do que durante o passo c) do processo.

13. Dispositivo para a excitação por ultra-sons de estruturas com geometria facultativa por meio de um processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, com um gerador, pelo menos um conversor (4) de ultra-sons e pelo menos uma estrutura mecânica, caracterizado por o gerador apresentar meios de controlo para tensão, corrente e frequência, por meio dos quais estas variáveis podem ser variadas sobre um certo intervalo, para a determinação de um ponto de trabalho, e pelo menos um sensor para a determinação de uma corrente ou de uma tensão que o gerador fornece, de modo que um valor de medição do sensor representa a potência fornecida ao sistema a excitar, em cada frequência varrida, e dispor de uma memória para o arquivo, por um lado, de valores nominais para a potência fornecida ao sistema global que podem ser introduzidos por um utilizador e, por outro lado, de valores de parâmetros para tensão, corrente e frequência, nos quais os valores nominais pretendidos são alcançados ou se aproximam o melhor possível dos mesmos.
14. Dispositivo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por pelo menos um condutor (6) de som de alimentação estar disposto entre o conversor (4) de ultra-sons e o condutor (2) de som ou a armação (3) da peneira.
15. Dispositivo de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por a disposição do condutor (6) de som de alimentação ser adequada para a excitação de vibrações de flexão ou para a excitação de vibrações longitudinais.
16. Dispositivo de acordo com a reivindicação 15, caracterizado por estar previsto um condutor (6) de som de alimentação que é adequado para graduar a amplitude de excitação.

17. Dispositivo de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por estarem previstos vários condutores (6) de som de alimentação.
18. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 17, caracterizado por estarem previstos vários condutores (2) de som ligados entre si de forma a conduzirem o som, dos quais apenas um está previsto para a excitação.
19. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 18, caracterizado por numa armação (3) circular da peneira, que é dividida em quatro segmentos parciais através de uma cruz (8) de suporte, estar previsto em cada segmento parcial um condutor (2) de som circular, dos quais um é excitado directamente, sendo que cada condutor (2) de som está ligado aos condutores (2) de som dispostos em segmentos parciais adjacentes através de pontes (7) acústicas, sendo que cada condutor (2) de som está ligado à cruz (8) de suporte e à armação (3) da peneira por meio de elementos de ligação.
20. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 19, caracterizado por várias placas ressonantes estarem montadas de forma fixa no condutor (2) de som, entre a superfície (1) da peneira e o condutor (2) de som.

Lisboa, 3 de Setembro de 2012

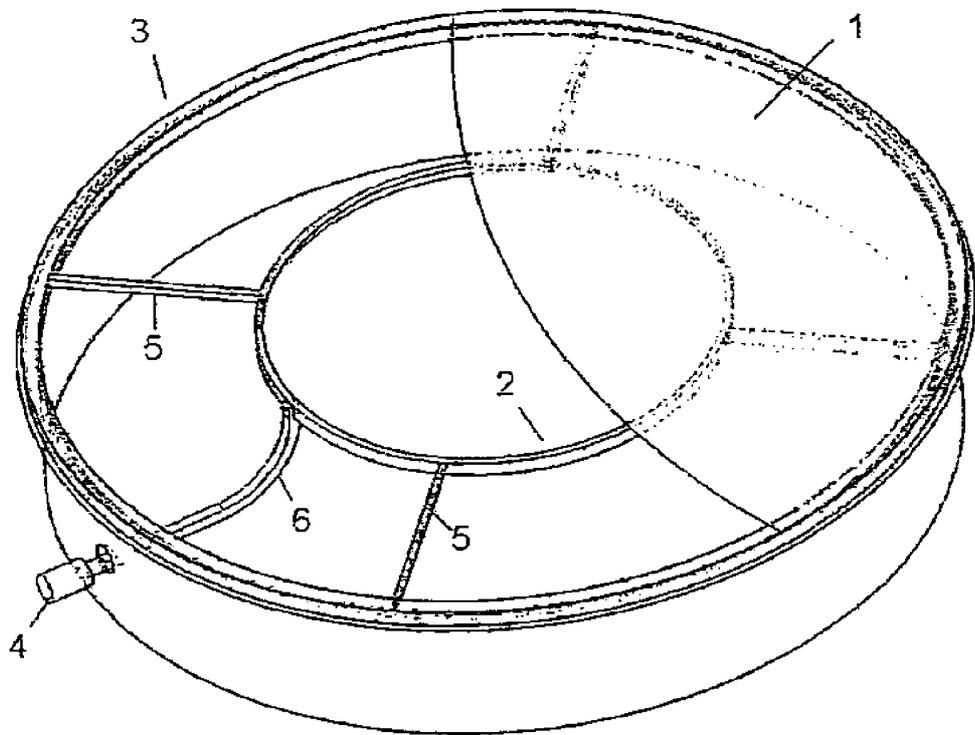


Fig. 1

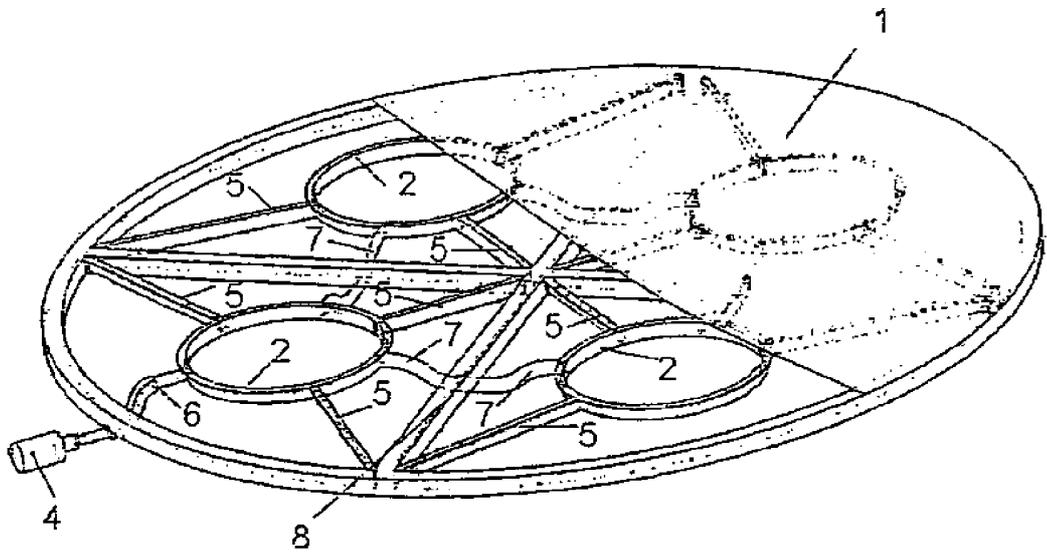


FIG..2

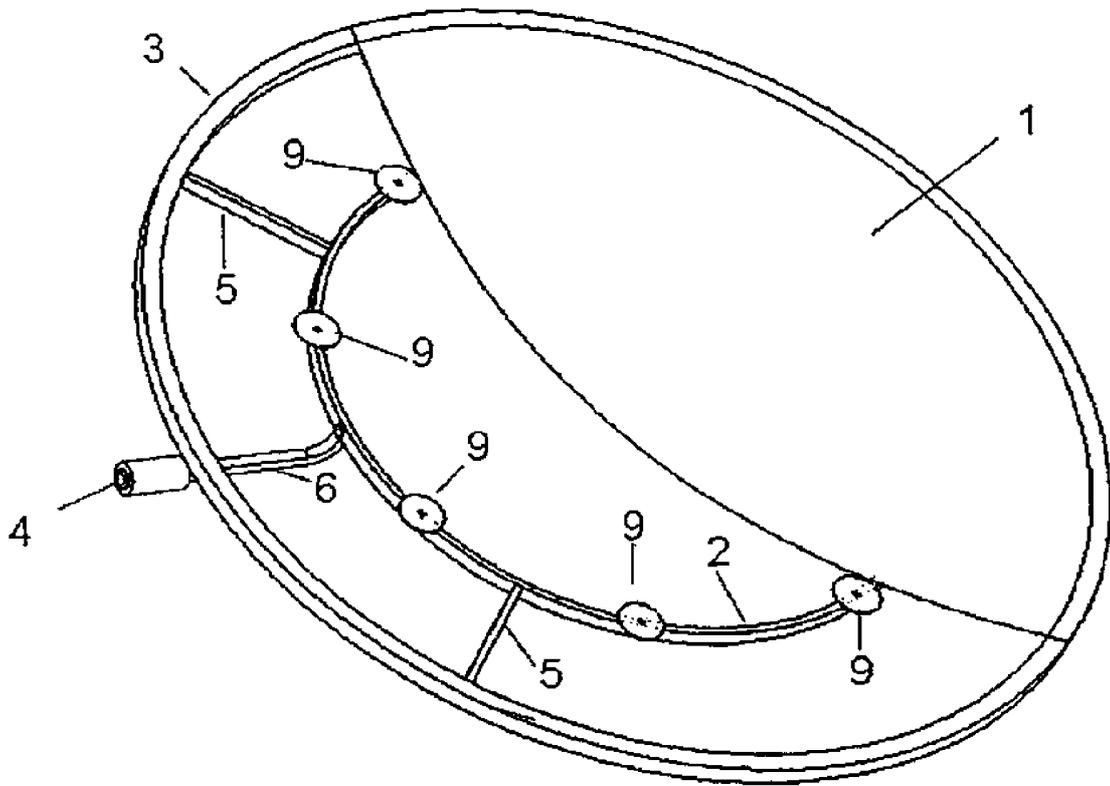


FIG..3

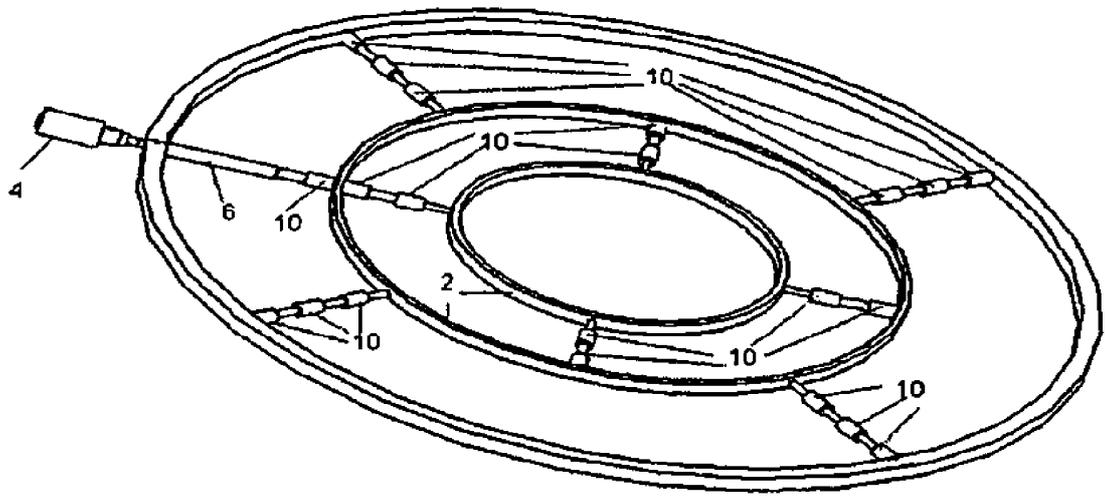


FIG..4

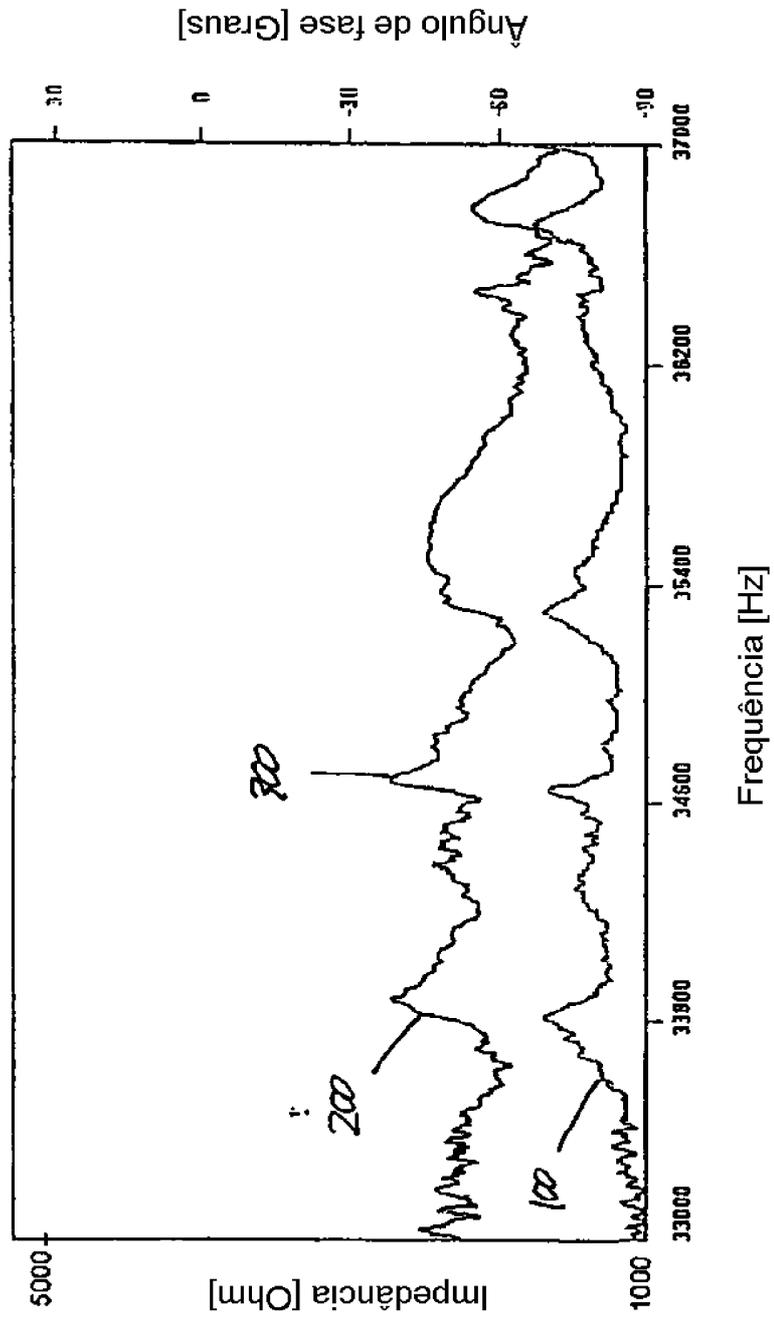


FIG..5