



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1103326-6 B1



(22) Data do Depósito: 27/07/2011

(45) Data de Concessão: 27/02/2020

(54) **Título:** MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO DE INÉRCIA DE MASSA DE SUPERFÍCIES MÓVEIS

(51) **Int.Cl.:** G01M 1/10.

(73) **Titular(es):** EMBRAER S.A..

(72) **Inventor(es):** JOSÉ CARLOS DOS SANTOS; ANDERSON TOBIAS LINDEGGER; CLAUDIO NAGAFCHI; DOUGLAS ALVES MORAES; OSVALDO ESCOBAR; MARCELO CAMILO ALVES COSTA; ALTAIR TOMAZ MENDES.

(57) **Resumo:** MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO DE INÉRCIA DE MASSA DE SUPERFÍCIES MÓVEIS. Descreve-se um método para medição de inércia de massa de superfícies móveis, compreendendo as etapas de: (a) Alinhamento do centro de gravidade de um conjunto (90) formado pela superfície móvel (50) e um dispositivo de apoio (70) fixado em pelo menos duas articulações (31, 32) em uma posição de repouso, este alinhamento compreendendo uma leitura em um relógio comparador (40) e acionamento de um elemento de ajuste disposto no dispositivo de apoio (70) para obtenção de um valor pré-determinado no relógio comparador (40); (b) Medição do momento estático do conjunto (Mestático) em uma posição intermediária através de um dinamômetro (60); (c) Medição do período de oscilação do conjunto (T) em uma posição pendular através de um acelerômetro disposto no dispositivo de apoio (70) e (d) Leitura do momento estático do conjunto (Mestático) e do período de oscilação do conjunto (T) e obtenção do momento de inércia da superfície móvel (I_{hhSup}). É descrito, ainda, um equipamento (10) para medição de inércia de massa de superfícies móveis, compreendendo: uma estrutura (20) formada por primeiro e segundo corpos estruturais (21, 22) concorrentes entre si formando um vão livre (23) de posicionamento de superfícies móveis (50); o primeiro corpo estrutural (21) compreendendo pelo menos duas articulações (31, 32) fixadas (...).

"MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO DE INÉRCIA DE MASSA DE SUPERFÍCIES MÓVEIS"

[001] A presente invenção refere-se a um equipamento para medição de inércia de massa de superfícies móveis, particularmente superfícies móveis primárias de aeronaves, e a um método para medição de inércia de massa dessas superfícies móveis utilizando este equipamento e o conceito de pêndulos compostos.

Descrição do estado da técnica

[002] Diversos são os cálculos estruturais a que são submetidas peças e superfícies de aeronaves, assim como diversas são as medições e controles aplicados a estas peças e superfícies.

[003] Dentre as peças e superfícies de uma aeronave rigorosamente medidas e controladas, podemos citar as superfícies móveis primárias como, por exemplo, o leme, o profundor e o aileron. Tais superfícies são submetidas em especial à medição do momento de inércia de massa, que é uma grandeza geométrica do sólido que mede a resistência ao movimento em relação a sua massa distribuída. Assim, no caso das superfícies móveis primária existe a necessidade de garantir o controle e precisão dessa medida dentro das tolerâncias aceitáveis para atender requisitos aeroelásticos destas superfícies.

[004] Aparelhos e métodos que possibilitam o cálculo ou medição de momento de inércia de um corpo sólido são conhecidos do estado da técnica, destacando-se o documento US 5,309,753.

[005] Este documento US 5,309,753 descreve um aparelho e um método para determinar a matriz inercial e o produto de inércia de um corpo rígido com formas irregulares, tal como uma cabeça de taco de golfe. Neste caso, este aparelho e método permitem a determinação experimental da localização do centro de massa e dos momentos de inércia deste tipo de corpos sólidos.

[006] O aparelho é formado por duas estruturas em “L” sobre as quais é apoiada uma barra em balanço. A cabeça do taco de golfe é montada na barra em balanço de modo que o eixo do cabo do taco de golfe fique paralelo e abaixo da barra em balanço. Uma barra cilíndrica atravessa perpendicularmente a barra em balanço e um peso conhecido é pendurado em uma das extremidades dessa barra cilíndrica, preferencialmente na extremidade oposta à cabeça do taco de golfe. A cabeça do taco de golfe é então movimentada nas direções dos eixos x, y e z de modo a obter essas coordenadas para o cálculo do momento de inércia. A partir destes cálculos e com o uso de movimentação pendular do corpo sólido medido, os produtos de inércia são calculados e uma matriz inercial é construída.

[007] Embora o aparelho e método descritos por este documento do estado da técnica permitam o cálculo de momento de inércia de corpos sólidos e use o princípio de pêndulo composto, o aparelho descrito tende a ser limitado para pequenos corpos sólidos e não suportaria superfícies móveis de aeronaves, como o leme, profundor e aileron. O método para determinar uma matriz inercial de um corpo rígido por sua vez faz uso de etapas complexas para a determinação do momento de inércia do corpo sólido usado apenas como fase intermediária para a obtenção de produtos de inércia e matriz inercial.

Objetivos da invenção

[008] Deste modo, a presente invenção tem como objetivo, prover um equipamento para medição de inércia de massa de superfícies móveis de aeronaves cuja geometria possibilite a medição precisa de grandes e complexas superfícies.

[009] É também objetivo desta invenção, prover um equipamento para medição de inércia de massa de superfícies móveis de aeronaves que possibilite diferentes posicionamentos dessas superfícies a serem medidas.

[010] Outro objetivo da presente invenção é prover um método para medição de inércia de massa de superfícies móveis de aeronaves de forma simplificada, precisa e ágil.

Breve descrição da invenção

[011] A invenção tem por objeto um método para medição de inércia de massa de superfícies móveis, compreendendo as etapas de:

(a) Alinhamento de um conjunto formado pela superfície móvel e um dispositivo de apoio fixado em articulações em uma posição de repouso, este alinhamento compreendendo uma leitura em um relógio comparador e acionamento de um elemento de ajuste disposto no dispositivo de apoio para obtenção de um valor pré-determinado no relógio comparador;

(b) Medição do momento estático do conjunto ($M_{\text{estático}}$) em uma posição intermediária através de um dinamômetro;

(c) Medição do período de oscilação do conjunto em uma posição pendular através de um acelerômetro disposto no dispositivo de apoio;

(d) Obtenção do momento de inércia da superfície móvel (I_{hhSup}).

[012] É também objeto desta invenção um equipamento para medição de inércia de massa de superfícies móveis, compreendendo: uma estrutura formada por primeiro e segundo corpos estruturais concorrentes entre si formando um vão livre de posicionamento de superfícies móveis; o primeiro corpo estrutural compreendendo pelo menos duas articulações fixadas em sua porção superior e um relógio comparador disposto em sua porção inferior; o segundo corpo estrutural compreendendo um dinamômetro posicionado em um prolongamento; e um dispositivo de apoio associado às articulações e cooperante com o relógio comparador e o dinamômetro.

Descrição resumida dos desenhos

[013] A presente invenção será, a seguir, mais detalhadamente descrita com base em um exemplo de execução representado nos desenhos. As figuras mostram:

[014] Figura 1 - é uma primeira vista esquemática do equipamento para medição de inércia de massa de superfícies móveis, objeto desta invenção, sem superfícies a ele acopladas;

[015] Figura 2 - é uma segunda vista esquemática do equipamento para medição de inércia de massa de superfícies móveis, objeto desta invenção, com uma superfície móvel a ele acoplada;

[016] Figura 3 - é uma terceira vista esquemática do equipamento para medição de inércia de massa de superfícies móveis, objeto desta invenção, também compreendendo uma superfície móvel a ele acoplada;

[017] Figura 4 - é uma quarta vista esquemática do equipamento para medição de inércia de massa de superfícies móveis, objeto desta invenção, compreendendo uma superfície móvel a ele acoplada, diferente da superfície ilustrada na figura 3;

[018] Figura 5 - é uma quinta vista esquemática do equipamento para medição de inércia de massa de superfícies móveis, objeto desta invenção, compreendendo uma superfície móvel a ele acoplada, superfície esta diferente das superfícies ilustradas na figuras 3 e 4; e

[019] Figura 6 - é um diagrama de blocos do método para medição de inércia de massa de superfícies móveis, objeto desta invenção.

Descrição detalhada das figuras

[020] De acordo com uma concretização preferencial e como pode ser visto nas figuras 1 a 5, o equipamento 10 para medição de inércia de massa de superfícies móveis objeto da presente invenção compreende uma estrutura 20 rígida, formada por primeiro e segundo corpos estruturais 21, 22 rígidos e concorrentes entre si, formando um vão livre 23 para o posicionamento das superfícies móveis 50.

[021] O primeiro corpo estrutural 21 é formado por uma porção superior 211 e uma porção inferior 212 paralelas entre si e sustentadas pelas barras laterais 24, 24'.

[022] Pelo menos duas articulações 31 e 32 são fixadas na porção superior 211 do primeiro corpo estrutural 21. Alternativamente, outras articulações 31', 31'', 32', 32'' podem ser fixadas na porção superior 211 do primeiro corpo estrutural 21. As articulações 31, 31', 31'', 32, 32' e 32'' são dispostas alinhadas ao longo do eixo longitudinal da porção superior 211, mais especificamente em linha e na mesma altura. Ditas articulações são providas com pinos de travamento (não ilustrados) que permitem, através do seu destravamento, a rotação de cada articulação em relação ao referido eixo longitudinal. Um relógio comparador 40 é fixado na porção inferior 212 do primeiro corpo estrutural 21, respeitando um alinhamento pré estabelecido em relação às articulações 31, 31', 31'' 32, 32', 32'' dispostas na porção superior 211.

[023] O segundo corpo estrutural 22 é também formado por porções superior 221 e inferior 222 paralelas entre si e sustentadas por barras laterais 24', 24''. A barra lateral 24'' compreende um prolongamento 25 perpendicular ao segundo corpo estrutural 22 e sobre o prolongamento 25 é posicionado um dinamômetro 60.

[024] O equipamento 10 compreende, ainda, um dispositivo de apoio 70 dotado de uma barra principal 71, perpendicularmente associada a uma barra secundária 72 de modo a formar um "T".

[025] A barra principal 71 é retilínea e fixada em duas articulações dentre as articulações 31, 31', 31'', 32, 32' e 32'', de forma que as demais articulações (as outras quatro articulações) são destravadas e rotacionadas para cima permitindo a instalação da barra 71 somente em duas articulações. A barra secundária 72, também retilínea, compreende uma extremidade livre 73 que é cooperante com o relógio comparador 40 e o dinamômetro 60, como será descrito

em detalhes adiante. A extremidade livre 73 da barra secundária 72 é dotada de um acelerômetro (não ilustrado).

[026] A superfície móvel 50 é associada ao dispositivo de apoio 70 formando um conjunto 90 (figura 2 a 5). Assim, o tamanho da barra principal 71 e da barra secundária 72 é variável em função do tamanho da superfície móvel 50 a ser medida.

[027] Acoplado ao relógio comparador 40 há um dispositivo de ajuste para alinhamento 41 cooperante com a extremidade livre 73 do dispositivo de apoio 70. Dito dispositivo de ajuste para alinhamento 41 permite o alinhamento do conjunto 90 com o eixo das articulações 31, 31', 31'', 32, 32', 32''.

[028] O dinamômetro 60 é fixado a uma régua de movimentação 61 disposta no prolongamento 25 do segundo corpo estrutural 22. Essa régua de movimentação 61 movimenta-se lateralmente para a direita e para a esquerda sobre trilhos (não ilustrados) e em função de movimentos do dispositivo de apoio 70. Neste sentido, a régua 61 com o dinamômetro 60 é movimentada para a direita para que o dispositivo de apoio 70 seja elevado acima da altura do dinamômetro 60, a seguir, a régua 61 é movimentada para a esquerda e o dispositivo de apoio 70 é movimentado para baixo até ser apoiado no dinamômetro 60 para medição. Após a medição, a régua 61 é novamente movimentada para a direita para o reposicionamento do dispositivo de apoio 70 fora do dinamômetro 60.

[029] Como ilustram as figuras 3, 4 e 5, o equipamento 10 permite a medição de inércia de diferentes superfícies móveis 50. Para determinados tipos de superfícies móveis 50 torna-se necessário o uso de carrinho de transporte 100 para o correto posicionamento da superfície móvel 50 junto ao dispositivo de apoio 70. Uma vez que a superfície móvel 50 é fixada ao dispositivo 70, o carrinho de transporte 100 pode ser retirado do vão 23 do equipamento 10 (figura 5).

[030] Conforme ilustrado na figura 2, o equipamento 10 também compreende um sistema de aquisição e processamento de dados 200 posicionado adjacente à estrutura 20. O sistema de aquisição e processamento de dados 200 consiste preferencialmente em um computador que pode estar associado ao equipamento 10 através de cabos ou remotamente. Outros sistemas também podem ser usados desde que cumpram a mesma função do computador.

[031] Conforme já descrito, a superfície móvel 50 a ser medida é associada ao dispositivo de apoio 70 formando um conjunto 90. Este conjunto 90 é apoiado em duas articulações dentre as articulações 31, 31', 31'', 32, 32', 32'' de modo que a barra principal 71 do dispositivo de apoio 70 fica presa às duas articulações e a barra secundária 72 do dispositivo 70 fica solta, com a extremidade livre 73 adjacente ao relógio comparador 40, na posição de repouso (figura 2).

[032] Nesta posição de repouso a extremidade livre 73 do dispositivo de apoio 70 é cooperante com o relógio comparador 40 de modo a definir o alinhamento do centro de gravidade do conjunto 90. Conforme descrito acima, o dispositivo de ajuste para alinhamento 41, acoplado ao relógio comparador 40, permite o alinhamento do conjunto 90 com a linha de articulações 31, 31', 31'', 32, 32' e 32''. O dispositivo de ajuste para alinhamento 41 pode ser um dispositivo tipo embreagem simples.

[033] Para realizar a medição, a extremidade livre 73 do dispositivo de apoio 70 é rotacionada de modo que o dispositivo de apoio 70 rotaciona em relação às articulações 31, 31', 31'', 32, 32, 32''. A extremidade livre 73 é levada ao encontro do dinamômetro 60 fazendo com o que o conjunto 90 fique perpendicular em relação à porção superior 211 do primeiro corpo estrutural 21. A extremidade livre 73 é apoiada no dinamômetro 60 para a leitura e obtenção de um dado que é enviado ao sistema de aquisição e processamento de dados 200.

[034] Após a cooperação com o dinamômetro 60 a extremidade livre 73 é posicionada novamente na posição de repouso para que então essa extremidade livre 73 seja rotacionada a um ângulo de aproximadamente 5° e solta, para que realize um movimento pendular. Através do acelerômetro disposto na extremidade 73 os dados do período de oscilação do conjunto 90 são obtidos e enviados ao sistema de aquisição e processamento de dados 200.

[035] Uma vez tendo recebido dos dados enviados pelo dinamômetro 60 e pelo acelerômetro disposto na extremidade 73, o sistema de aquisição e processamento de dados 200, por meio de rotinas de cálculos matemáticos, provê o resultado da medição do momento de inércia da superfície móvel 50 associada ao dispositivo de apoio 70.

[036] Este equipamento 10 objeto da presente invenção apresenta uma geometria que permite a medição em diversos tipos de superfícies móveis 50 aeronáuticas, de dimensões e pesos variados, tais como aileron, leme ou profundor. Além disso, esse equipamento 10 garante precisão na medição o que garante atender aos requisitos mais exigentes de projeto.

[037] Outra vantagem deste equipamento 10 está na agilidade com que a medição de inércia é feita, contribuindo para uma maior produtividade e segurança no cumprimento das etapas de projeto.

[038] O custo também é um diferencial deste equipamento 10, uma vez que é composto por componentes simples, de mercado e sua construção rígida é bastante simplificada e requer pouca manutenção.

[039] Como pode ser visto na figura 6, a presente invenção também faz referência a um método para medição de inércia de massa de superfícies móveis 50.

[040] Este método se inicia com o alinhamento do CG – Centro de Gravidade - do conjunto 90 em relação às articulações 31, 31', 31'', 32, 32, 32''. Para tal, a superfície móvel 50 a ser medida é instalada no dispositivo de apoio

70 formando o conjunto 90, o qual é fixado em duas articulações dentre as articulações 31, 31', 31'', 32, 32', 32'' em uma posição de repouso.

[041] Na posição de repouso, a extremidade livre 73 do dispositivo de apoio 70 está adjacente ao relógio comparador 40, conforme ilustrado na figura 2. Nesta posição, a extremidade livre 73 é colocada em contato com o relógio comparador 40 obtendo-se uma leitura no relógio comparador 40. Se esta leitura não corresponder ao valor pré determinado zero, que significa que o conjunto 90 está alinhado, é instalada uma massa de compensação no dispositivo de apoio 70, bem como realizado um ajuste fino através do rosqueamento de um pino de ajuste (não ilustrado) disposto na extremidade livre 73. Essa compensação e ajuste fino são feitos até que a leitura no relógio comparador seja zero.

[042] Uma vez alinhado o conjunto 90 este é rotacionado até uma posição intermediária, de modo que a extremidade livre 73 do dispositivo de apoio 70 fique a 90° em relação à posição de repouso e em relação às articulações 31, 31', 31'', 32, 32', 32''. Nesta posição, a extremidade livre 73 é apoiada no dinamômetro 60 realizando-se a medição do momento estático do conjunto $M_{\text{estático}}$. O dado do momento estático do conjunto $M_{\text{estático}}$ é coletado e armazenado pelo sistema de aquisição e processamento de dados 200.

[043] Após a medição do momento estático do conjunto $M_{\text{estático}}$, o conjunto 90 é retornado à posição de repouso, quando então é novamente rotacionado em uma faixa de 1° a 5° em relação à posição de repouso e solto, preferencialmente 5°, imprimindo uma oscilação livre. Através da oscilação livre do conjunto 90 o período de oscilação do conjunto T é medido pelo acelerômetro que envia estes dados ao sistema de aquisição e processamento de dados 200, onde são armazenados.

[044] A metodologia do pêndulo composto utilizada no método da presente invenção se baseia na medição do momento de inércia da superfície em torno do eixo de articulação, e do período de oscilação da superfície. Assim, através da

equação I abaixo se obtém o momento de inércia de massa em relação ao eixo de articulação, neste caso ao eixo das articulações 31, 31', 31'', 32, 32', 32'':

$$(I) \quad I_{hh} = \frac{T^2 \cdot M_{estatico} \cdot g}{4 \cdot \pi^2}$$

Onde:

I_{hh} = momento de inércia de massa;

T = período de oscilação pendular;

$M_{estatico}$ = momento estático em relação ao eixo de articulação; e

g = aceleração da gravidade.

[045] Deste modo, da leitura do momento estático do conjunto $M_{estatico}$ e o período de oscilação do conjunto T, com a equação I acima obtém-se o momento de inércia do conjunto $I_{hhSup+Disp}$.

[046] A obtenção do momento de inércia da superfície móvel I_{hhSup} se dá subtraindo, do momento de inércia do conjunto $I_{hhSup+Disp}$, o momento de inércia do dispositivo de apoio I_{hhDisp} . Para tanto, antes da execução da primeira etapa deste método, o momento de inércia do dispositivo de apoio I_{hhDisp} é medido isoladamente submetendo somente o dispositivo de apoio 70 às etapas deste método conforme acima descritas. O momento de inércia do dispositivo de apoio I_{hhDisp} é armazenado pelo sistema de aquisição e processamento de dados 200 de modo que o momento de inércia da superfície móvel (I_{hhSup}) é calculado por este sistema de aquisição e processamento de dados 200 a partir da equação (II):

$$I_{hhSup} = I_{hhSup+Disp} - I_{hhDisp} \quad (II)$$

Onde:

I_{hhSup} = é o momento de inércia de massa da superfície móvel de interesse;

$I_{hhSup+Disp}$ = é o momento de inércia de massa do conjunto 90; e

I_{hhDisp} = é o momento de inércia de massa do dispositivo de apoio 70.

[047] Tendo sido descrito um exemplo de concretização preferido, deve ser entendido que o escopo da presente invenção abrange outras possíveis variações, sendo limitado tão somente pelo teor das reivindicações apensas, aí incluídos os possíveis equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para medição de inércia de massa de superfícies móveis, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

(a) prover um conjunto (90) compreendendo um dispositivo de apoio (70) tendo uma barra principal (71) perpendicularmente associada a uma barra secundária (72) formando um “T” e uma superfície móvel (50) cuja massa inercial será medida associada ao dispositivo de apoio (70);

(b) montar a barra principal (71) do dispositivo de apoio (70) a pelo menos duas articulações (31, 32) de uma moldura suporte para permitir que o conjunto (90) seja pivotavelmente movimentado entre uma posição de repouso em que a barra secundária (72) é suspensa do suporte substancialmente verticalmente para baixo em relação à barra principal (71) e uma posição intermediária em que a barra secundária (72) se estende substancialmente horizontalmente lateral em relação à barra principal (71);

(c) alinhar o centro de gravidade de um conjunto (90) em relação às articulações posicionando uma extremidade livre (73) da barra secundária (72) em cooperação com um dispositivo de ajuste para alinhamento (41) e um relógio comparador (40) até que o relógio comparador (40) seja zerado indicando que o conjunto (90) está alinhado em relação às articulações;

(d) rotacionar o conjunto (90) da posição de repouso até uma posição intermediária conectando operacionalmente a extremidade livre (73) do conjunto (90) na posição intermediária a um dinamômetro (60) obtendo um momento estático do conjunto ($M_{\text{estático}}$) através de um dinamômetro (60) quando o conjunto (90) está na posição intermediária;

(e) retornar o conjunto (90) da posição intermediária para a posição de repouso suspendendo oscilações do conjunto (90) em relação às articulações (31, 32) ;

(f) obter uma medição do período de oscilação (T) do conjunto (90) em uma posição pendular através de um acelerômetro disposto no dispositivo de apoio (70); e

(g) calcular o momento de inércia (I_{hhSup}) da superfície móvel baseado nas medições obtidas do momento estático ($M_{estático}$) e período de oscilação (T) do conjunto (90).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende uma etapa de obter um momento de inércia do dispositivo de apoio (I_{hhDisp}) na ausência de superfície móvel (50) a partir da aplicação das etapas (a) até (g) usando o dispositivo suporte (70) sem a superfície móvel (50) associada a ele.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que na etapa (b) a posição intermediária do conjunto consiste na rotação do conjunto (90) em relação a pelo menos duas articulações (31, 32) a um ângulo de 90° a partir da posição de repouso.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa (d) ocorre a partir de uma régua de movimentação (61) que movimenta-se lateralmente associada ao dinamômetro (60).

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa (e) compreende induzir oscilações pendulares em uma faixa de 1° a 5° em relação à posição de repouso do conjunto (90).

6. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a etapa (g) acontece usando um sistema de aquisição e processamento de dados (200).

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o momento de inércia da superfície móvel (I_{hhSup}) é calculado pelo sistema de aquisição e processamento de dados (200) a partir da equação (II):

$$I_{hhSup} = I_{hhSup+Disp} - I_{hhDisp} \quad (II)$$

em que,

I_{hhSup} é o momento de inércia da superfície móvel;

$I_{hhSup+Disp}$ é o momento de inércia do conjunto; e

I_{hhDisp} é o momento de inércia do dispositivo suporte.

8. Equipamento (10) para medição de inércia de massa de superfícies móveis, caracterizado pelo fato de que compreende

uma estrutura (20) formada por primeiro e segundo corpos estruturais (21, 22) concorrentes entre si formando um vão livre (23) de posicionamento de superfícies móveis (50);

o primeiro corpo estrutural (21) compreendendo pelo menos duas articulações (31, 32) fixadas em sua porção superior (211) e um relógio comparador (40) disposto em sua porção inferior (212);

o segundo corpo estrutural (22) compreendendo um dinamômetro (60) posicionado em um prolongamento (25); e

um dispositivo de apoio (70) associado a pelo menos duas articulações (31, 32) e cooperante com o relógio comparador (40) e o dinamômetro (60).

9. Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de apoio (70) compreende uma barra principal (71) perpendicularmente associada a uma barra secundária (72) formando um "T", a barra principal (71) sendo fixada a pelo menos duas articulações (31, 32) e a barra secundária (72) sendo cooperante com o relógio comparador (40) e o dinamômetro (60) através de uma extremidade livre (73).

10. Equipamento, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a extremidade livre (73) da barra secundária (72) compreende um acelerômetro.

11. Equipamento, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a superfície móvel (50) é associada ao dispositivo de apoio (70) formando um conjunto (90).

12. Equipamento, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o tamanho do dispositivo de apoio (70) é variável em função do tamanho da superfície móvel (50) a ser associada.

13. Equipamento, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que compreende um dispositivo de ajuste (41) cooperante com o

dispositivo de apoio (70) alinhando e ajustando o conjunto (90) com pelo menos duas articulações (31, 32).

14. Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o prolongamento (25) é posicionado substancialmente perpendicular ao segundo corpo estrutural (22) e compreende uma régua de movimentação (61) na qual o dinamômetro (60) é fixado, esta régua de movimentação (61) sendo deslocável em função de movimentos do dispositivo de apoio (70).

15. Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que compreende um sistema de aquisição e processamento de dados (200) posicionado adjacente à estrutura (20).

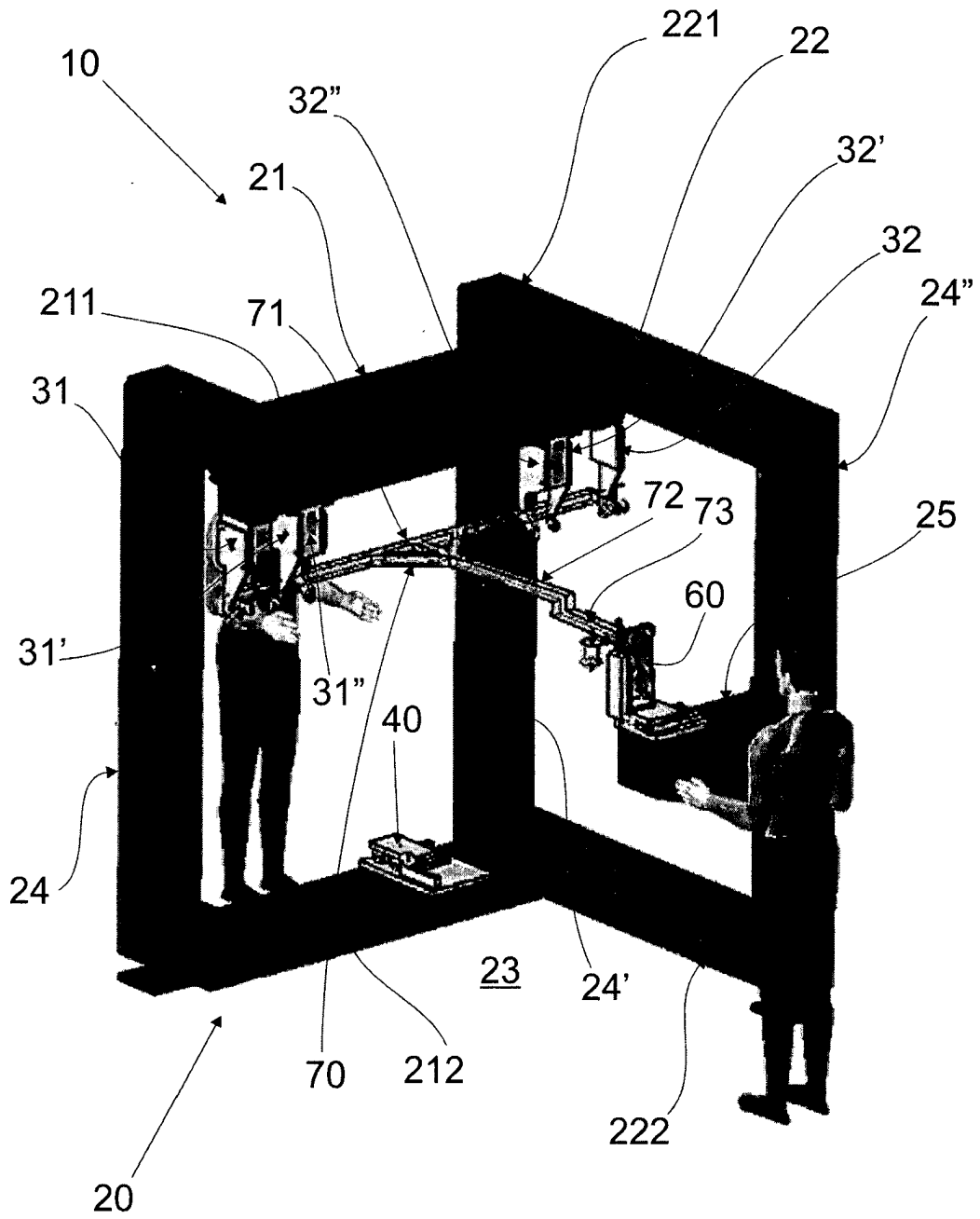


FIG. 1

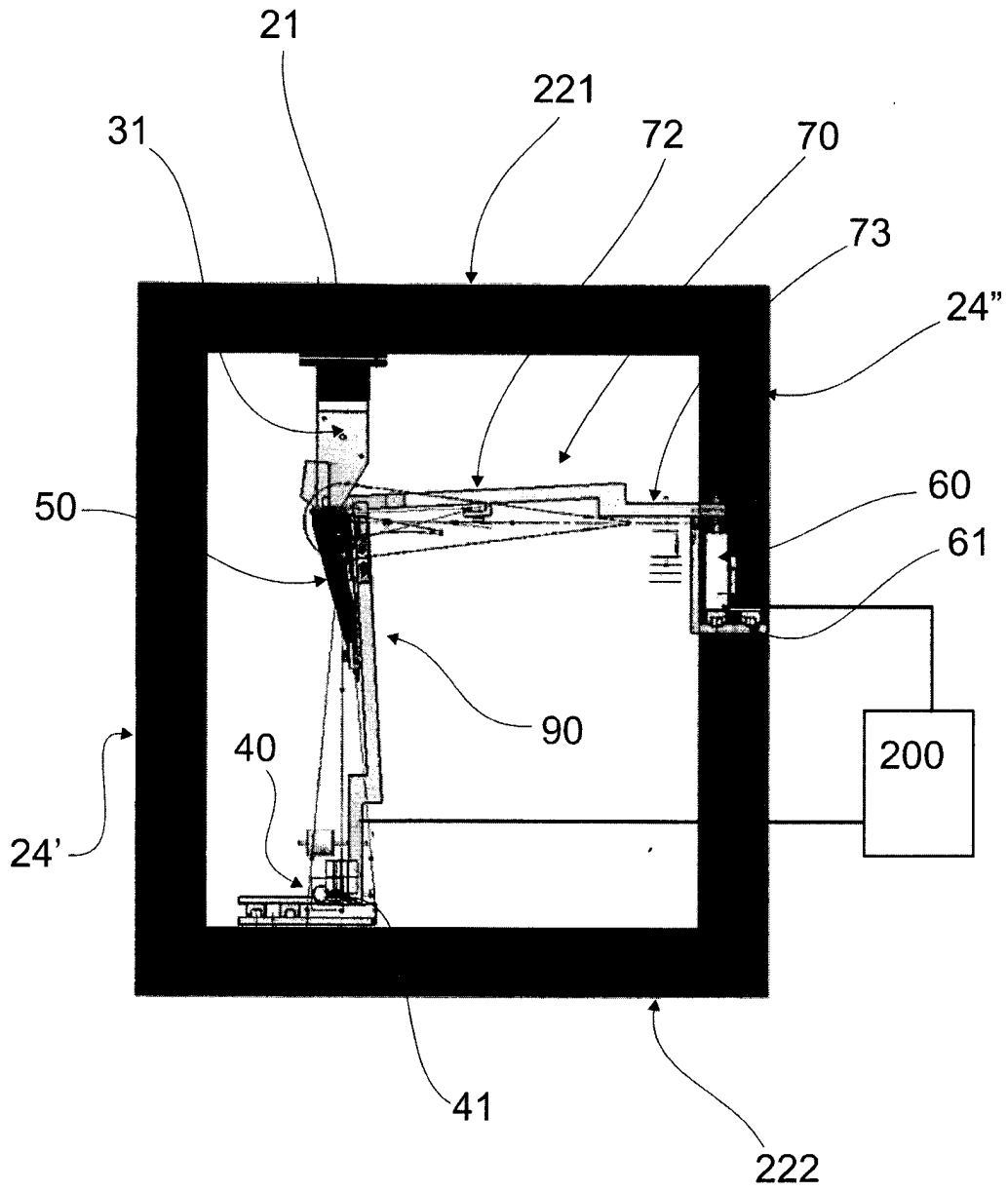


FIG. 2

3/6

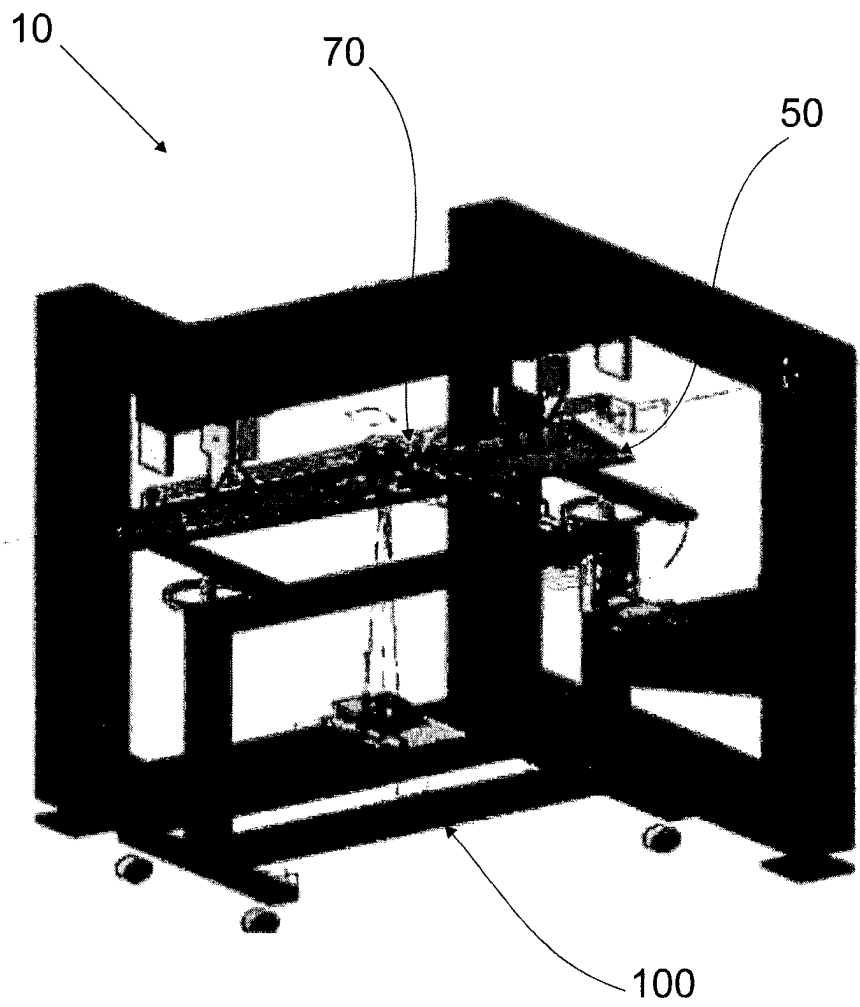


FIG. 3

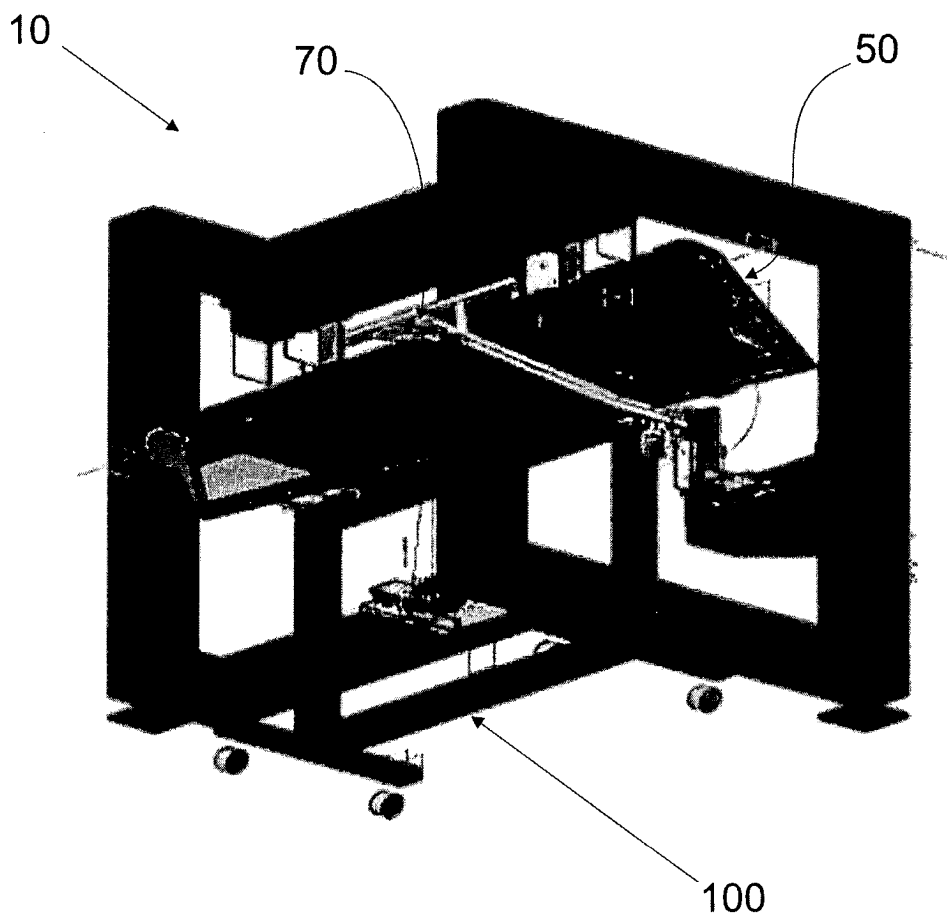
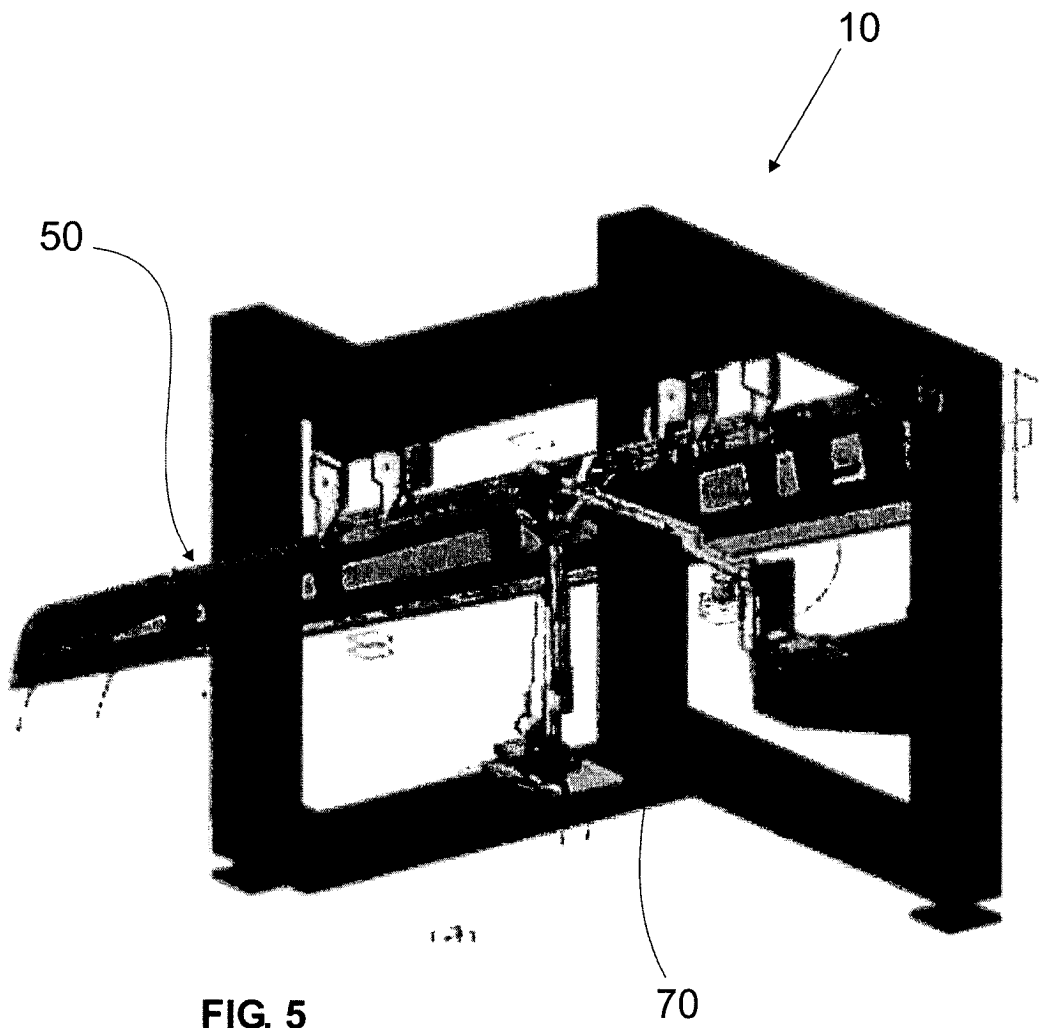


FIG. 4



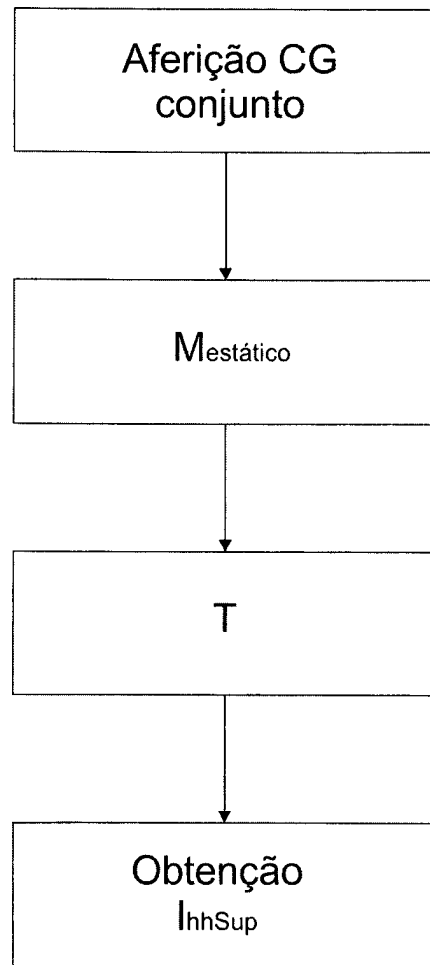


FIG. 6